

**estabilización**

**CAPITULO 3**  
**CAPITULO 3**  
**CAPITULO 3**  
**CAPITULO 3**  
**CAPITULO 3**  
**CAPITULO 3**



**panel** bahareque



# ESTABILIZACIÓN DE LA MUESTRA SANTA ANA - QUINGEO

i.100

## 1. ESTABILIZACIÓN

### 1.1 Introducción

El proceso de selección de muestras realizado en el capítulo anterior demostró que la tierra más óptima por sus buenas propiedades mecánicas y estéticas, es el ejemplar de Santa Ana - Quingeo. Se pudo apreciar la misma sobresalió en aspectos como trabajabilidad, baja retracción y resistencia a la compresión simple. Estas buenas prestaciones no son el máximo potencial que la misma puede dar, debido a que estos resultados reflejan solo las propiedades del suelo como tal, en el cual no existe adición de ningún material o proceso que mejore sus características como elemento para la construcción. Para estabilizar y mejorar sus características, los diferentes sistemas constructivos en tierra hacen uso de materiales complementarios, mismos que potencian su resistencia, durabilidad y apariencia, como es el caso del adobe y del bahareque que se complementan con fibras como la paja o cabuya en compañía de estiércol (caballo o vaca); el tapial para mejorar, no hace uso de materiales complementarios, por el contrario incorpora un proceso de densificación, contenido de agua y mezclado, los mismos que repercuten positivamente en su resistencia.

Es posible entonces, por medio de procesos e incorporación de materiales complementarios elevar el potencial de un elemento para la construcción. Los diferentes sistemas en tierra son buenos ejemplos para tener en consideración en cuanto al uso de materiales auxiliares, los que pueden dar solución a fenómenos como fisuración, alta retracción, baja resistencia, etc. La tierra al



ser un material natural sin un proceso que implique una afectación significativa al medio ambiente (como sucede en la mayoría de materiales del mercado), tiene la posibilidad de complementarse de buena manera con una amplia gama de materia prima no artificial, como ha venido sucediendo a lo largo de la historia; pero esta premisa no le absuelve de poder apoyarse sobre materiales contemporáneos.

El propósito de este estudio, refiere a poder generar un panel industrializado, lo cual implica el uso de nuevos materiales y procesos, pero el mismo se llevará a cabo a partir de un sistema constructivo vernáculo milenario que haya perdurado en el tiempo, como es el caso del Bahareque. Es decir que las pautas del uso y aplicación de cada uno de los materiales y elementos partirán de este sistema, apoyándose y complementándose sobre materia y métodos contemporáneos. Por lo cual es amplia la cantidad de posibilidades para el uso de materiales de estabilización, de entre los que se optará mayormente por los que han tenido ya resultados veraces, debido a las limitantes de tiempo que el estudio plantea.

Son complejos y profundos los procesos y análisis para establecer que elemento es el óptimo al momento de perfeccionar un material. Buscar una dosificación adecuada para generar una mezcla, es tan complejo como la determinación del material a usar, lo cual conlleva un estudio extenso. Por tanto y sabiendo que esta publicación se centra en la búsqueda de un "panel industrializado", es necesario determinar un diseño de mezcla básico viable en el lapso de tiempo propuesto para esta tesis. La dosificación que

se obtenga debe proporcionar un material que soporte las solicitaciones y requerimientos básicos del caso.

### 1.2 Justificación

Al ser este un estudio sobre la realización de un panel, conlleva de manera intrínseca la búsqueda de un conjunto de materiales y elementos que tengan la capacidad de darle forma y soporte, para ello es necesario analizar y estudiar de manera individual cada uno de ellos. La tierra es el material que constituye la mayor parte de este panel, por ende es indispensable y necesario encontrar un camino que conduzca al mejoramiento del mismo. Este proceso deberá hacer uso de los medios actuales (tecnificación), y cimentarse sobre la técnica y conocimiento del sistema constructivo del bahareque.

Los resultados de la muestra seleccionada fueron bastante buenos, teniendo en consideración que no se complementó con otro material y tampoco se aplicó un proceso complejo de mejora. Es buena la expectativa para optimizar y elevar ampliamente las características positivas de este suelo (Santa Ana - Quingeo) a la par de contrarrestar sus desventajas. Por consiguiente esta muestra de tierra Santa Ana- Quingeo es factible para un proceso de estabilización.

### 1.3 Metodología

El proceso de mejora y estabilización se define como un método físico-químico, o químico que permite a un suelo responder satisfactoriamente a las exigencias impuestas para su utilización en

i.101



una obra, con un carácter permanente. La estabilización de una tierra puede ayudar a mejorar distintas características del material, entre las cuales se encuentran: resistencia al agua, hinchamiento, reducción de porosidad, cohesión, gelidificación, retracción,





i.102



permeabilidad, y aumento de las propiedades mecánicas en general. Dichas propiedades dependerán de la naturaleza química, mineralógica, granulometría y plástica del suelo. (1)

La estabilización de una tierra puede darse a partir de distintos caracteres, de los cuales dependerá el proceso, técnica o elemento a aplicar; las bases en las que se rige el mejoramiento de una muestra hacen referencia a principios físicos, químicos y fisicoquímicos. Por tanto, para este estudio es necesario comprender los métodos de estabilización, para a través de los mismos identificar la técnica y material adecuado para este fin. Los procesos serán aquellos probados y aplicados, en conjunto con los que se han desarrollado en base a investigación de instituciones o personas, como es el caso de IETCC, CRA Terre, PROTERRA, FEB, Gernot Minke, etc.

i100. Gárate, L. (2016). Proceso de mezcla de tierra fluida con un aparato mecánico [Dibujo]. Cañar, Ecuador.  
i101. Gárate, L. (2016). Bloques de tierra sometidos a erosión por agua [Dibujo]. Cañar, Ecuador.  
i102. S.n. (s.f). Mezclado Tierra s.l. [Fotografía]. Recuperado de: [https://cobquecura.files.wordpress.com/2010/06/img\\_01401.jpg](https://cobquecura.files.wordpress.com/2010/06/img_01401.jpg)

## 1.4 Métodos y materiales para mejoramiento

Se pueden identificar distintas técnicas y materiales para el proceso de estabilización de un material, a partir de sus características químicas, físicas y fisicoquímicas.

### 1.4.1 Propiedades físicas

El proceso de mejoramiento a partir de estas características permite estabilizar el material a través de compensación granulometría, drenaje de líquidos, inyección de líquidos (restrinjan la entrada de agua), compactación, o por uso de materiales complementarios como fibras (1).

#### 1.4.1.1 Estabilización por drenaje

Este método consiste en drenar los líquidos de entre las partículas del suelo, impidiendo su retorno. Es óptimo la aplicación de esta técnica en suelos con gran cantidad de finos, ya que "la salida del agua provoca una consolidación del suelo y un fortalecimiento de las partículas del mismo". (1)

#### 1.4.1.2 Estabilización por inyección

Esta técnica refiere a la sustitución del agua situada en las porosidades o cavidades del suelo, lo cual se realiza por un medio fluido que pueda penetrar en el material, permaneciendo ahí permanentemente. El estabilizante inyectado deberá poder evitar el retorno del agua al interior del suelo, actuando a manera de impermeabilizante y cohesionador de las partículas de la tierra. Los materiales para la inyección pueden ser arcillas, cementos, y





i.103

cales, todos ellos en compañía de agua (ver imagen 103). Para suelos finos y poco permeables (muy arcillosos), se usa los mismos aglomerantes, pero en conjunto de fluidos como: silicatos y resinas de poliuretano (polimerizan la masa plástica), métodos que suelen ser tóxicos e inflamables. (1)

#### 1.4.1.3 Estabilización por compactación

Un proceso de densificación por medios manuales o mecánicos (ver imagen 104) eleva la compacidad de un suelo, potenciado sus propiedades mecánicas. El proceso de compactación puede ser estático, dinámico o complejo. El uso de uno u otro método dependerá de las características granulométricas, de la humedad y del grado de compactación, ya que para suelos que contengan

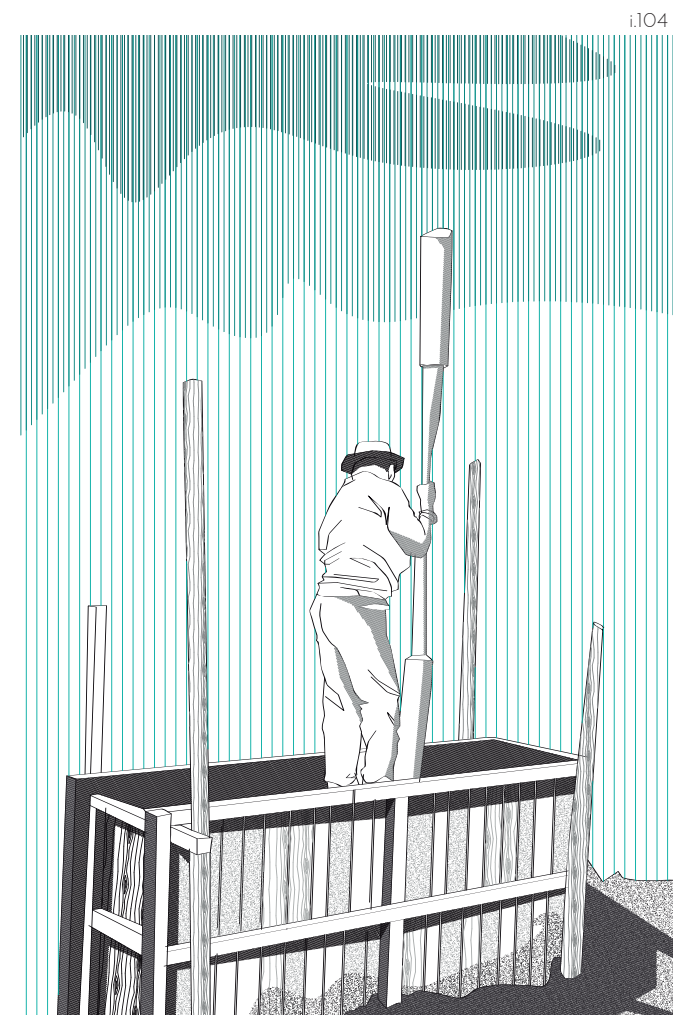
grandes cantidades de finos será mejor la aplicación de un proceso estático, al contrario para un suelo rico en áridos se deberá aplicar una compactación por vibración. (1)

Contradictoriamente como se cree, según CRA Terre el exceso de presión en el proceso de compactación puede causar que los bloques pierdan resistencia y sean poco durables. “En la medida que la presión no sobrepase un máximo, cualquier material de estructura flocular es menos compresible que uno de estructura dispersa en igualdad de condiciones” ya que con la aplicación de presión las partículas tienden a acercarse y en ambos casos su estructura será dispersa con una compresibilidad semejante (Barbeta, 2002, p. 75). La compresión recomendable a aplicar a un suelo debe encontrarse entre los 40-60 daN/cm<sup>2</sup>. (1)

#### 1.4.1.4 Estabilización por fibras

A través del tiempo los métodos de construcción en tierra han hecho uso de fibras para estabilizar cada uno de estos sistemas. Gracias a la buena relación de adherencia de la estructura resultante entre fibras y tierra, se genera un elemento con un armazón interno, que entrelaza partículas unas con otras (ver imagen 102). El estado en el que se aplica este tipo de estabilización va de fluido a líquido, en el cual los elementos resultantes presentan densidades bajas, es decir que el porcentaje de vacíos y poros es alto, por lo que se obtiene un buen aislamiento térmico. (1)

La estabilización con uso de fibras presenta diversas ventajas entre las cuales se tiene mejora de las propiedades mecánicas, es



i.104



i.105



decir que el material aumenta la resistencia a la flexión, cortante y compresión, ya que las tensiones generadas se reparten por todo el elemento debido a los nexos y conexiones internas generadas. Otra ventaja por el uso de fibras es la reducción del hinchamiento y retracción. El uso de fibras huecas puede ayudar en el proceso de secado, estas pueden ser de trigo o bambú, por su capacidad de absorción y regulación del agua en el interior de la muestra.

En revoques el uso de fibras como la cabuya (ver imagen 105) o paja pueden reducir los efectos de la erosión, para ellos las mismas deben tener un tamaño adecuado (3-5cm) y estar bien dispuestas. Las debilidades que pueda presentar la composición granulométrica también pueden ser compensadas con el uso de fibra, de aquí los dichos de algunos adoberos de Nuevo México "un adobe sin paja es un adobe sin alma" (1).

Entre las fibras que se pueden utilizar para la mejora y estabilización de los diferentes sistemas constructivos en tierra tenemos:

#### Fibras vegetales:

- Cabuya
- Aserrín
- Celulosa de madera
- Cascara de trigo
- Bagazo
- Totora
- Yute
- Bambú
- Paja de arroz
- Corteza de arboles

- Borrajo
- Palma
- Cañamo
- Fibra y corteza de coco
- Sisal
- Pinaza

#### Fibras sintéticas:

- Fibras y virutas plásticas
- Fibra de vidrio

#### Fibras animales:

- Guano (vaca, camello o caballo)
- Crin, pelo de caballo o vaca

i103. S.n.(s.f). Inyección de mezcla en pared de adobe s.l. [Fotografía]. Recuperado de: <http://www.tendencias21.net/photo/art/default/1030233-1296210.jpg?v=1289405708>

i104. Gárate, L. (2016). Proceso de compactación estadista en Ecuador [Dibujo]. Cañar, Ecuador.

i105. Gárate, L. (2016). Cabuya y bambu fibras naturales [Dibujo]. Cañar, Ecuador.

### 1.4.2 Propiedades químicas

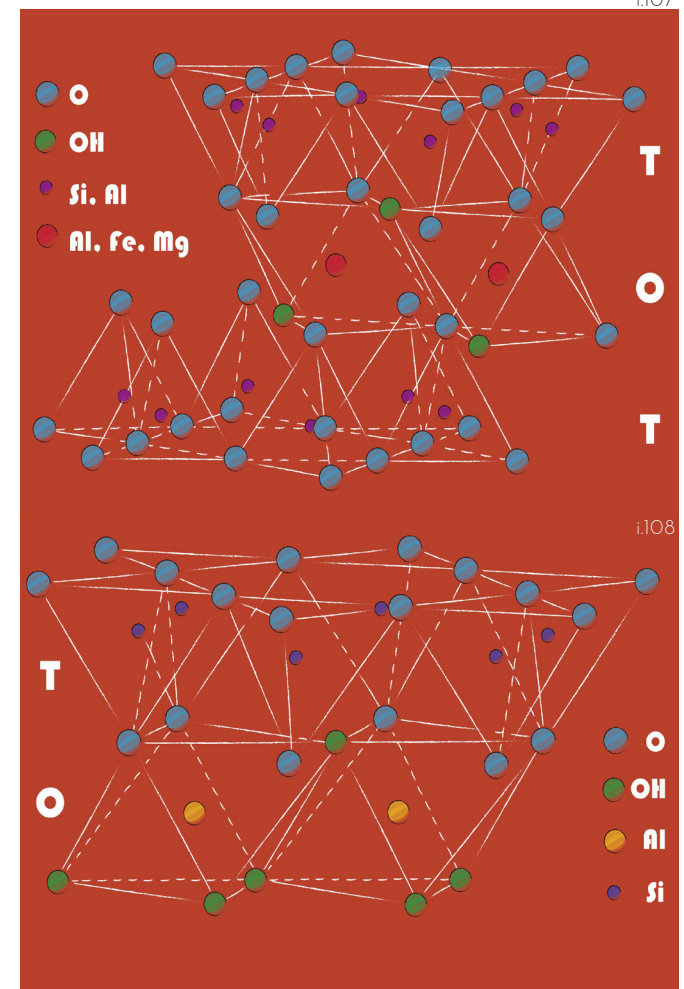
El proceso a partir de estas propiedades, se rige puntualmente en la producción de nuevos enlaces químicos, es decir que este tipo de estabilización refiere a una transformación química entre el material de fin y el material de adición. Este método a partir de las propiedades químicas al igual que el anterior, puede solventar ciertas debilidades que la muestra presente, y dotar de beneficios adicionales en todos los aspectos requeridos por un material de construcción.



i.106

- Cemento portland
- Cemento natural
- Yeso
- Aceite de coco
- Aceite quemado (residuos)
- Aceite de linaza
- Sabia de caucho
- Sabias naturales
- Melaza
- Látex
- Residuos prensados de oliva
- Betunes
- Silicato de sosa
- Orina (vaca, camello o caballo)
- Cal
- Resinas acrílicas
- Caseína (suero de leche)
- Musílogo de tuna
- Yema de huevo
- Activas puzolánicas

Se puede obtener materiales de gran resistencia y durabilidad a través de la adición de cementos naturales o artificiales, sulfatos, yesos y aceites naturales. El denominador común de estos elementos de estabilización es la presencia de sílice soluble de estructura amorfa, la cual puede ser de origen natural o industrial. Se puede identificar algunos materiales en la estabilización química, los cuales se presentan a continuación. (1)







### 1.4.3 Propiedades fisicoquímicas

La estabilización por medio de las propiedades fisicoquímicas genera en la tierra una estructura a manera de armazón que mejora sus propiedades mecánicas, a la vez que genera nuevos enlaces químicos entre partículas. Los poros o espacios intersticiales en este tipo de mejoramiento suelen ser ocupados por sustancias que no permiten el paso del agua, (hidrófugas). Para que el proceso de estabilización sea duradero y eficaz, las sustancias deben ser en primera instancia fáciles de aplicar, de tal manera que se garantice un elemento con una mezcla homogénea. La sustancia aplicada para el proceso debe resistir el contacto con el agua a más de otros elementos durante el amasado y durante su vida útil (variantes climáticas). (1)

#### 1.4.3.1 Estabilización por derivados de aminos

Estos "son sales de amonio o de aminos en solución de un disolvente orgánico, que debe ser esparcido en el agua". Estas sales deben utilizarse en porcentajes menores a 1%, ya que en mayores pueden no tener ningún efecto o al contrario pueden ser perjudiciales. (1)

#### 1.4.3.2 Estabilización por resinas

Las resinas tienen un efecto aglomerante ya que sus moléculas reaccionan entre sí formando nuevos enlaces moleculares, los que construyen una matriz resistente. Estas reacciones a parte de unir partículas, presentan una sensible reducción ante la acción del agua,

este efecto y reacción de las resinas se denomina polimerización (2). Las resinas más utilizadas para la aglomeración son:

- **Abióticas** (ácido silvico, colofonia), "estas son resinas naturales producidas por plantas superiores lignificadas del género pinus, constituidas por ácidos resinosos disueltos en una mezcla de compuestos terpénicos" (2).
- **Asfaltos e hidrocarburos**, se pueden usar en forma de emulsión o de fluidificado. (1)
- **Linfosulfitos**, son productos derivados del proceso de producción del papel, tienen efecto ligante, pero pierden propiedades de resistencia y durabilidad al contacto con el agua, por lo que deben ser combinados con sales, y no deberán ser usados en proporciones mayores al 1 y 2%. (1)
- **Silicato de sodio**, sirve como elemento correctivo o complementante para las sustancias de inyección, debido a que este actúa a manera de gel, también este compuesto aumenta la cohesión de suelos arcillosos. (1)
- **Cal**, es muy útil para estabilizar los suelos de arcillas expansivas, especialmente los conformados por mineral montmorillonita (6) (mientras más arcilloso más cal es necesaria, para un buen resultado) perteneciente al grupo de los silicatos (ver imagen i.107). La cal regula la cantidad necesaria de agua

al interior del suelo, reduciendo el hinchamiento y contracción del mismo (2), la montmorillonita (ver estructura montmorillonita imagen 107) está presente en algunos tipos de arcillas como las de tipo bentonitas, mismas que con la adición de cal, pueden ayudar ampliamente a aumentar la resistencia a la compresión (5). En cimentaciones, para estabilizar estos tipos de arcillas complicadas, se puede estabilizar usando productos como la cal. Los porcentajes de aplicación pueden variar entre los 3 y 10% aunque se han obtenido buenos resultados con porcentajes entre 4 y 8% de cal. (3)

- **Cemento portland**, la adición de este material en un suelo puede ayudar a mejorar las propiedades mecánicas, así como reducir la retracción. Se recomienda que el cemento aplicado debe oscilar entre un 6 y 12% aunque estos porcentajes se pueden reducir dependiendo de diversos factores como: tipo de suelo o el módulo de finura del cemento. Por lo que no se recomienda este tipo de estabilización para suelos extremadamente arcillosos ( $LL < 50$  y cantidad de arcilla  $< 30\%$ ), además que el pH del suelo debe ser  $> 7$  (1). La adición de este producto no siempre puede tener buenos resultados en cuanto al mejoramiento de las propiedades mecánicas, ya que el cemento en presencia de suelos altos en montmorillonita (muy arcillosos) puede reducir la resistencia a la compresión, al contrario si se aplica en suelos pocos arcillosos y ricos en caolinita (6) se puede alcanzar una mejora en su resistencia a más de una gran durabilidad (ver estructura caolinita imagen 108). El porcentaje recomendable para la aplicación de cemento no debe ser menor a 5% ya que puede dar resultados negativos, el incremento de este producto debe ser



directamente proporcional al aumento de arcilla (Gernot, 2005, p. 53).

- **Cementos naturales**, no presentan altas resistencias en condiciones normales, pueden llegar a alcanzar en ambientes húmedos la misma resistencia de la piedra de procedencia. El cemento natural en la estabilización con arcillas, puede resultar ventajoso en ambientes húmedos, si se adiciona cal, porque esta potencia las propiedades de este tipo de cementos. Si a este proceso de mejora se le adiciona fibras como el sisal, yute, poliéster o malla galvanizada, el funcionamiento en cuanto a resistencia y durabilidad es mayor (1).

- **Yesos**, permiten eliminar toda o parte del agua de la muestra sin alterar su red estructural. Los hemihidratos que sirven para la estabilización son los de tipo A ya que estos están compuestos por estructuras finas cristalinas, las que les confieren un aspecto brillante, contrariamente con lo que sucede con los hemihidratos de tipo B que no contienen muchas partículas finas, siendo las mismas difíciles de identificar en este espécimen, por consiguiente estos yesos son porosos y solubles en el agua. (1)

i109



i110

i106. S.n. (s.f). Cemento Holcim Portland P1 [Fotografía]. Recuperado de: <http://www.tendencias21.net/photo/art/default/1030233-1296210.jpg?v=1289405708>

i107. Gárate, L. (2016). Estructura de las arcillas tipo montmorillonita [Redibujo]. Cañar, Ecuador.

i108. Gárate, L. (2016). Estructura de las arcillas tipo caolinitas [Redibujo]. Cañar, Ecuador.

i109. S.n. (s.f). Yeso [Fotografía]. Recuperado de: <https://thumbs.dreamstime.com/z/d-el-yeso-de-mezcla-12721987.jpg>

i110. S.n. (s.f). Silicatos Cuarzo [Fotografía]. Recuperado de: <http://1.bp.blogspot.com/-9xZpFiO-Wgg/Upi9JYyNAtI/AAAAAAAAADg/Vy8JYbvl00/s1600/Quartz-Br%C3%A9sil.jpg>



## 2. ESTUDIO DE DOSIFICACIONES

### 2.1 Selección de materiales estabilizantes

Para el estudio de estabilización de la muestra Santa Ana-Quingeo, se procederá realizar una selección de diferentes materiales, basados en el estudio de Gabriel Barbeta (1) y Gernot Minke (5), de los cuales tendrán preferencia las que estén mayormente disponibles en nuestro medio, para evitar el transporte de materia prima; se procurará además que la mayor parte de materiales seleccionados sean de origen natural.

Una vez obtenido la materia prima se procederá a realizar un primer estudio de estabilización para analizar y determinar las propiedades que estos materiales aportan al suelo, para a través de estas características determinar los más apropiados. Conjuntamente se ira buscando una dosificación optima de aplicación, basada en manuales, recomendaciones y en base a la experiencia en los distintos sistemas constructivos en tierra.

Posterior se realizará combinaciones de los materiales de mejores prestaciones, aplicados en base a los porcentajes de aplicación óptimos obtenidos en la primera etapa del estudio, hasta determinar un diseño de mezclas que solvente los requerimientos necesarios para el estudio. Los materiales seleccionados para el estudio debido a su disponibilidad y prestaciones son los siguientes.

1. Cabuya (fibra natural)
2. Bagazo (fibra natural)

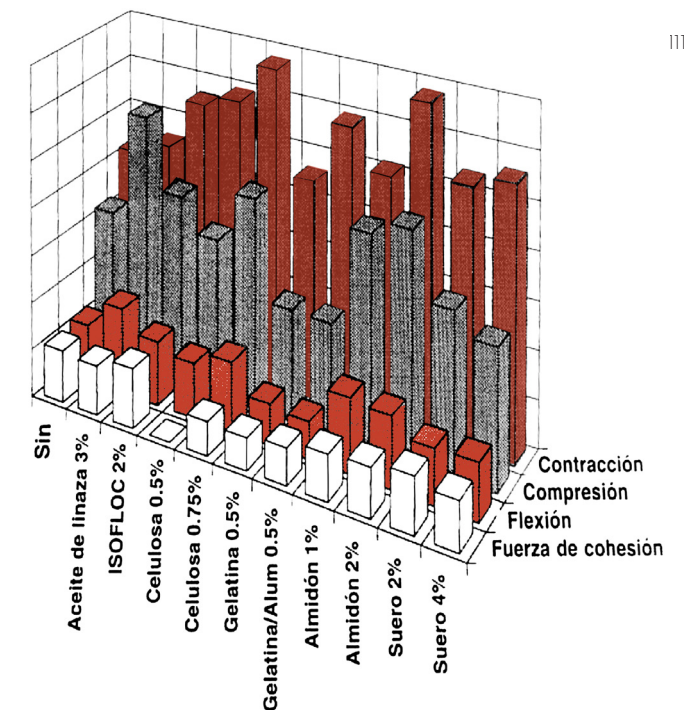
3. Totorá (fibra natural)
4. Aserrín (fibra natural)
5. Guano (fibra natural)
6. Fibra de vidrio (fibra artificial)
7. Aceite de linaza (aceite natural)
8. Aceite quemado (aceite refinado usado)
9. Caseína (proteína de la leche)
10. Orina (líquido de secreción de los riñones)
11. Melaza (derivado de la caña de azúcar)
12. Cal (mineral)

La selección de los materiales para el proceso de estabilización, tomó como base principios de economía, calidad, compatibilidad, durabilidad, disponibilidad, ambientales y de salud. La cantidad de materiales sintéticos para estabilización en este estudio son pocos, debido a que los mismos son de costos elevados y su durabilidad se reduce al estar en contacto con factores ambientales como rayos ultravioletas.

Este tipo de elementos sintéticos actúan además como barreras de vapor, disminuyendo una de las propiedades más importantes de la tierra, ya que como se conoce, los suelos tienen la propiedad de actuar como elementos permeables, ganando y perdiendo humedad para estabilizar el medio interior en una edificación.

Del mismo modo la aplicación y manipulación de materia

sintética puede ser perjudicial para la salud, por lo que se optó en gran parte por el uso de estabilizadores de origen natural, que generalmente son más económicos. El método para determinar la correcta estabilización se realizaría por medio de un estudio y análisis de los porcentajes recomendables para cada uno de los materiales que se vayan a emplear en este estudio.



Los elementos de mejoramiento pueden llegar a aumentar considerablemente algunas características del suelo empleado, pero en ciertos casos este proceso de estabilización puede reducir otras propiedades (ver imagen 111), por lo cual es necesario analizar conjuntamente cada una de ellas, debido a que se puede perder alguna característica que sea de vital importancia, "por ejemplo la resistencia a la compresión y tracción pueden incrementarse empleando almidón y celulosa, pero esos aditivos al mismo tiempo reducen la cohesión y aumentan la retracción, lo cual resulta desventajoso". (Gernot, 2005, p.47)

## 2.2 Proceso de dosificación

El proceso de dosificación inicial dará los primeros resultados de los diferentes aportes de cada material, de los cuales se analizará y se hará una selección en base a las necesidades del estudio. A continuación se procederá a realizar combinaciones dobles de cada uno de los elementos seleccionados, teniendo como denominador común el material que aporte las mejores prestaciones mecánicas. A partir de este segundo estudio, se realizará nuevas variaciones que permitan potenciar las características deseadas (resistencia a la compresión, retracción y resistencia al agua) a la vez de corregir cualquier defecto o desventaja que pueda surgir durante el proceso.

Teniendo en cuenta que el porcentaje recomendable para el uso de materiales de estabilización en la mayoría de casos oscila en más o menos un rango de entre 1 y 10%, se aplicará una secuencia progresiva de porcentajes de los distintos materiales seleccionados anteriormente. El estudio inicia con una adición

del elemento estabilizador en un 3%, aplicado a tres muestras, para de entre ellas generar un promedio y verificar el proceso. Posteriormente se adicionará 6% y 10%, de la misma manera que el primer ensayo; cada variación del uso de material estabilizador se aplicará a tres muestras. El uso de estos tres porcentajes de aplicación (3, 6, y 10%) ayudará a comprender si el aumento o disminución del material afecta positivamente, o por el contrario resulta perjudicial. De esta manera se podrá identificar la dosificación óptima para el suelo analizado.

## 2.3 Adición de agua

La adición de agua para las muestras en general se determina en base a el ensayo de "casa grande", en el cual se identifica el límite líquido (LL) y límite plástico (LP), para de entre ellos encontrar el índice de plasticidad (IP), que determina el porcentaje óptimo de agua. También se puede encontrar este factor a través de una prueba de Proctor, la que revela la mejor densidad de un suelo en base a una cantidad de agua. Estos ensayos establecen la "cantidad óptima de agua para un suelo", la cual es mal llamada "óptima", ya que la misma no conduce necesariamente a la máxima resistencia.

Generalmente para obtener el mejor resultado de resistencia a la compresión, es necesario usar hasta un 10% adicional al porcentaje obtenido por estos dos ensayos (proctor y IP). La adición de este porcentaje extra de agua mejora el proceso de amasado y mezclado, lo cual repercute de

manera positiva en la resistencia de un suelo. Por lo tanto el porcentaje óptimo de agua debería ser considerado como la cantidad mínima que un suelo debe usar. (Gernot, 2005, p.52)

## 2.4 Proceso de secado

Los periodos de secados recomendables para muestras de tierra varían en base a las condicionantes climáticas y de la humedad. Un ensayo de secado en un ambiente cerrado con una temperatura de 20° centígrados y una humedad relativa de aire de 44% y 81%, mostro que el periodo de secado es variable, ya que las muestras con una humedad relativa de aire de 44% terminaron el proceso de secado en 14 días, por otro lado con un 81% las muestras se secaban después de 30 días. (Gernot, 2005, p. 35)

Es amplia la cantidad de ensayos a realizarse (250 muestras aproximadamente), por lo que será complicado un proceso de secado normal debido a los largos periodos de tiempo necesarios para esta acción; esto constituye un problema dentro del estudio, porque el tiempo para su ejecución es limitado. Por tanto es necesario optar por un método distinto de secado, ya que las condiciones climáticas son variables y no se tendrá un control sobre este proceso, por lo que se seleccionará un proceso de secado alterno. La opción consiste en someter las muestras a 100°C en un horno durante 24 horas, debido a que esta temperatura no modifica las muestras a nivel de partículas y compuestos (ver imagen 112). De esta manera se garantiza una constante homogénea de temperatura que ayudara a reducir los porcentajes de retracción,





y en un proceso de producción industrial permitiera disminuir costes. Este método alternativo de secado podría hacer uso de hornos solares que alcanzan hasta temperaturas promedio de 100°C, lo cual implica una ventaja en cuanto a tiempo de manufactura, secado, control de calidad, impacto ambiental y economía; lo que no es posible con un método de secado a la intemperie, debido a que las condicionantes externas no se pueden controlar.

i.111. Gernot, M. (2005). Influencia de varios aditivos en la retracción, cohesividad, la tracción en flexión, y la compresión de un barro arenoso [Imagen]. Kassel, Alemania.

i.112 Gárate, L & Morales, J. (2016). Secado de muestras [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.



Las características principales en los que se trabajará la estabilización de la muestra Santa Ana - Quingeo son:

- Estabilización de propiedades mecánicas (resistencia a la compresión).
- Estabilización contra el agua.
- Estabilización de expansión y contracción del material (retracción).

Para determinar el mejor diseño de mezcla se realizará los siguientes ensayos:

- Ensayo de resistencia a la compresión.
- Ensayo de retracción.
- Ensayo de Resistencia al agua.



## 2.5 Parámetros para ensayos de compresión

Durante las últimas décadas se ha incursionado en el estudio e investigación de la tierra como material de construcción, como es el caso de las investigaciones del Arquitecto Alemán Gernot Minke, quien en su "Manual de la Construcción en Tierra" indica un método desarrollado por la FEB (laboratorio de investigación de construcciones experimentales) para realizar ensayos que den a conocer la resistencia a la compresión de la tierra. Este ensayo consiste en realizar muestras cilíndricas de 76mm de diámetro por 100 mm de altura, las cuales posteriormente son compactados 10 veces por un peso de 4,5kg montado sobre una guía a una altura de 0,45m. (Gernot, 2005, p. 51-52)





Por motivos de falta de el instrumental desarrollado en la FEB, el ensayo para determinar la resistencia a la compresión simple se realizara basado en la normativa NTE INEN 0488 para morteros de hormigón, ya que en nuestro medio no existe una normativa a la cual regirnos para determinar esta propiedad de la tierra (ver imagen 113-114).

La capacidad mecánica de resistencia a la compresión simple de un elemento depende principalmente de la distribución granulometría de la tierra, tipo de arcilla, contenido de agua, método, tiempo de mezclado y proceso de compactación, ya sea esta dinámica o estática (5). Se podrá estabilizar una tierra teniendo en cuenta cada una de sus propiedades intrínsecas, ya que la solución óptima se puede presentar a través del mejoramiento o corrección de uno u otro factor, los que lograrán otorgar o disminuir la resistencia de la muestra. Por tanto es necesario tener en cuenta cada una de estas características al momento de estudiar las prestaciones mecánicas de un suelo.

La resistencia a la compresión de la muestra Santa Ana - Quingeo fue de 51,5Kg/cm<sup>2</sup>, resultado que es bueno en comparación con otros tipos de tierra. Según Gernot Minke, la resistencia aceptable de un suelo puede oscilar entre los 20 a 50Kg/cm<sup>2</sup>, no obstante la norma Alemana DIN admite suelos con resistencias de 3 a 5 Kg/cm<sup>2</sup> (Gernot, 2005, p 51). Por tanto la resistencia obtenida por nuestra muestra seleccionada es favorable y por consiguiente admisible para el estudio.

## 2.6 Parámetros para ensayos de retracción

La expansión e hinchamiento de un suelo al reaccionar con el agua así como la retracción presentada durante el proceso de secado son perjudiciales para su aplicación como material de construcción (Gernot, 2005, p.29). La expansión de la tierra es un fenómeno que se presenta durante la reacción del agua y la tierra, en el que las partículas de los dos materiales interactúan provocando que el suelo pierda su estabilidad como estado sólido. Los efectos de expansión y retracción suelen ser más o menos complicados dependiendo de la cantidad y del tipo de arcilla presente. Se puede identificar que las arcillas que contienen minerales como la motmorillonita son los más complicados, ya que se caracterizan por sus propiedades expansivas, superando a las arcillas con contenido de caolinita o illita. Otro factor que influye en este fenómeno es la relación entre limos y arenas. (5)

Para los ensayos de retracción se aprovechara el proceso de secado a una temperatura constante, de manera que la pérdida de agua mantenga la misma variable. Luego de la pérdida del contenido de agua interior de las muestras, se obtendrá el factor de retracción de las mismas, ya que como se especifica en la norma NTE INEN 0488, los moldes presentan una dimensión estándar de 50x50x50mm, de los cuales se extraerá la diferencia entre las medidas de la muestra (medida dada por el gramil) y la dimensión del molde (ver imagen 115). Este proceso se basa en los ensayos de retracción de PROTERRA con una variación a moldes de menor tamaño.

i.113 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra sometida a compresión en prensa [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.114 Gárate, L & Morales, J. (2016). Ensayo de compresión de una muestra del estudio para realizar un panel industrializado de bahareque, Ensayo de rotura a cargo del Arq. Édison Castillo, laboratorista de suelos de la Universidad de Cuenca [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.115 Gárate, L & Morales, J. (2016). Ensayo de compresión de una muestra del estudio para realizar un panel industrializado de bahareque, Ensayo de rotura a cargo del Arq. Édison Castillo, laboratorista de suelos de la Universidad de Cuenca [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.





## 2.7 Parámetros para ensayos de resistencia al agua

El agua es uno de los agentes más conflictivos posterior a la realización de un elemento constructivo en tierra, ya que esta puede producir erosión o debilitamiento del elemento, por esta razón es indispensable que un material que se proyecta como industrial tenga una resistencia adicional a este factor, ya que a diferencia de un material terroso normal este estará sometido a mayores exigencias, por procesos de transporte, apilamiento y montaje. No existe un ensayo específico para determinar la resistencia a este factor, pero hay algunos similares desarrollados en la FEB, tal como simulación de lluvias intensas o sumersión de muestras por lapsos de tiempos cortos para posterior secado, entre otros (5). Para este estudio se tomará como principio el ensayo de sumersión de la FEB, pero las muestras se mantendrán bajo sumersión hasta su total desintegración, en caso de que esta llegase a presentarse. Este ensayo permitirá ver el avance de la reacción de las muestras al contacto de este líquido, para de esta manera poder encontrar y determinar los materiales y dosificaciones más adecuadas para esta estabilización.

Se someterá en la primera fase de estudio solo aquellas muestras que según estudios previos han presentado excelentes resultados en la estabilización contra el agua. Estas muestras corresponden a: melaza, cal, orina de vaca, caseína, aceite quemado, aceite de linaza y guano. De igual manera que en los ensayos de compresión y retracción, se someterá a sumersión bajo agua a tres muestras por dosificación, para detectar problemas y errores sucitados en cada aplicación de material, con esto además se podrá analizar de mejor manera los resultados, siendo los mismos más certeros.



i.116

i.116 Gárate, L & Morales, J. (2016). Ensayo de sumersión de muestras con aceite de linaza y cabuya [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.117



i.117 Gárate, L & Morales, J. (2016). Ensayo de sumersión de muestras con aceite de cabuya y estiércol [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.



## 3. ESTUDIO DE DOSIFICACIÓN 1

Esta primera dosificación busca revelar las distintas características que cada material puede proporcionar. Para ello se someterá en base a sus propiedades a ensayos de compresión, retracción y resistencia al agua. Esta primera dosificación contempla en su análisis 12 materiales, de los cuales la mayoría son de origen natural y de fácil adquisición. Solamente 7 de los 12 estabilizadores se someterán al ensayo de sumersión, ya que han presentado un buen comportamiento ante este factor a lo largo de la historia y en nuevas investigaciones. Por tanto, todas las muestras se someterán a los ensayos de compresión, retracción y resistencia al agua, excepto: cabuya, bagazo, totora, aserrín y fibra de vidrio, las que no realizarán el ensayo de resistencia al agua.

## 3.1 Material de estabilización 1: Cabuya

La cabuya una fibra de origen natural y de fácil acceso (ver imagen 118), es ideal para mejorar las características mecánicas, ya que la misma al mezclarse con la tierra constituye una especie de armazón estructural interior, el que ayuda a que el material resista de mejor manera esfuerzos de tracción, torsión y compresión (1). Para la elaboración de revoques y empañetes esta fibra constituye un buen elemento de mejoramiento por su composición de redes y enlaces entre partículas.

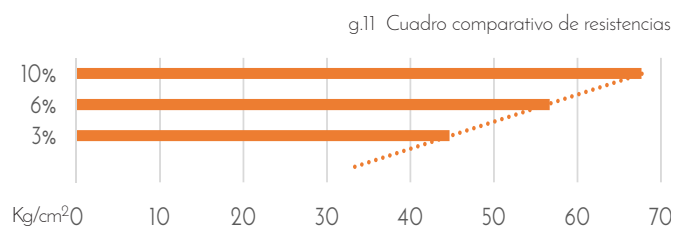
Con el uso de fibras como la cabuya, se puede mejorar no solamente su resistencia (compresión, tracción y torsión) sino que además es posible estabilizar la retracción, porque el uso de fibras estabiliza el contenido de arcilla, a más de absorber parte del agua de amasado (regula levemente la cantidad de

agua) y adicionalmente incrementa la cohesividad de la mezcla (Gernot, 2005, p.46). Respecto a la trabajabilidad esta fibra facilita el proceso de preparación del barro, lo que disminuye el tiempo y de esfuerzo físico empleado en su realización.

Según estudios realizados con fibra de cabuya se “conseguía un incremento hasta de un 7% en tensión y 24% en compresión, en concentraciones del 1% con respecto al peso del barro y con respecto a muestras con paja” (Pesántes, 2015, p. 6). El aumento de la resistencia a la compresión con el uso de fibras no es una regla general, ya al utilizar paja no se obtiene mejoras en cuanto a características mecánicas, de manera que en este caso, la resistencia a la compresión es inversamente proporcional a la adición de esta fibra. Los porcentajes de aplicación óptimos de fibras oscilan en más menos 8%, con el incremento excesivo se ha notado una reducción de su resistencia y en porcentajes escasos no ha tenido ningún efecto. (5)

## 3.1.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

La cabuya demostró excelentes resultados a partir del 10%, como se puede ver en la gráfico g.11.



i.118

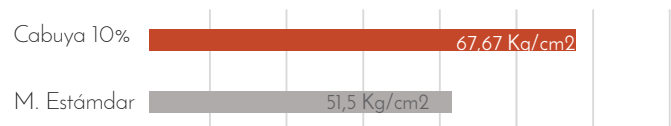


la resistencia original de la tierra Quingeo - Santa Ana (51,5 kg/cm<sup>2</sup>). La adición 10% de esta fibra llegó a un aumento del 31% respecto a la muestra original (ver gráfico g.12).

t.14				
Muestra	Peso gr	Promedio gr	Resistencia kg/ cm2	Promedio Kg/cm2
3%				
1	210,00	211,67	41,00	44,67
2	213,00		47,00	
3	212,00		46,00	
6%				
4	221,10	220,93	60,00	56,67
5	217,00		54,00	
6	224,70		56,00	
10%				
7	227,60	224,73	76,00	67,67
9	227,60		64,00	
9	219,00		63,00	

Se puede apreciar que el Incremento en el porcentaje de cabuya tiene relación con su peso (tabla t.14), ya que las muestras con mayores porcentajes son más densas y poseen mayor cohesividad. Como resultado las muestras que sobrepasan el 6% de material de mejoramiento y poseen una densidad mayor, presentan mejores resistencias.

g.12 Cuadro comparativo de resistencias

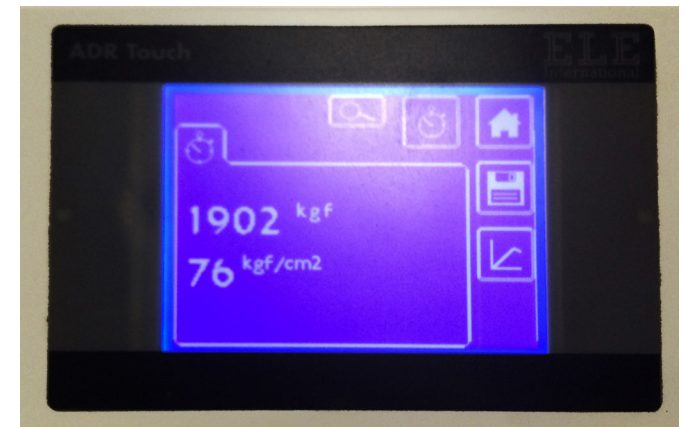


Durante la realización de las muestras de suelo estabilizado, la adición de fibras permitió aparentemente una mayor y mejor compactación en compañía de una buena cohesión. Ensayos realizados en Alemania, comprobaron que la compactación no es el factor principal ni determinante en la resistencia de un suelo, así lo demostró un estudio realizado en la FEB, el cual indica que las muestras con mejores tiempos y procesos de mezclado sin incluir compactación, pueden mostrar mayores resultados que aquellas muestras bien compactadas (mal mezcladas). Se comprende por consiguiente que un buen proceso de amasado y mezclado ayuda a que las partículas del suelo se organicen mejor, obteniendo una óptima densidad y un material con buenas prestaciones mecánicas.

i.119



i.120



i.118 S.n. (s.f). Fibra Cabuya s.l. [Fotografía]. Recuperado de: [http://4.bp.blogspot.com/-JW69\\_jp9QjY/Up2kymfrZPI/AAAAAAAAAWA/sYs6krvgQvE/s1600/DSC01531.JPG](http://4.bp.blogspot.com/-JW69_jp9QjY/Up2kymfrZPI/AAAAAAAAAWA/sYs6krvgQvE/s1600/DSC01531.JPG)

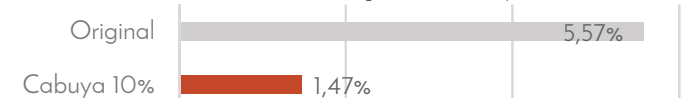
i.119 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Cabuya posterior al ensayo de resistencia de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.120 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resistencia máxima alcanzada por la muestras con Cabuya [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

### 3.1.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

El porcentaje de retracción es inversamente proporcional al aumento de cabuya.

g.13 Cuadro comparativo de retracción



Teniendo en cuenta que la retracción de la tierra de Santa Ana -



Quinceo sin un material de mejoramiento era de 5,57 % se puede ver una notable mejora en especial en la muestra en la que se le adicionó un 10 % de cabuya, reduciendo la retracción en 4,1%. Este resultado es bueno no solo por su disminución en el porcentaje de retracción, sino además que el porcentaje de adicción de fibra coincide en los dos casos, por lo que aplicar un 10% de cabuya mejora las prestaciones mecánicas y el porcentaje de retracción (ver tabla t.15).

Muestra	Retracción %	Promedio %
3%		
1	3,20	2,99
2	3,20	
3	2,56	
6%		
4	3,32	2,57
5	3,16	
6	1,24	
10%		
7	0,00	1,47
8	2,20	
9	2,20	

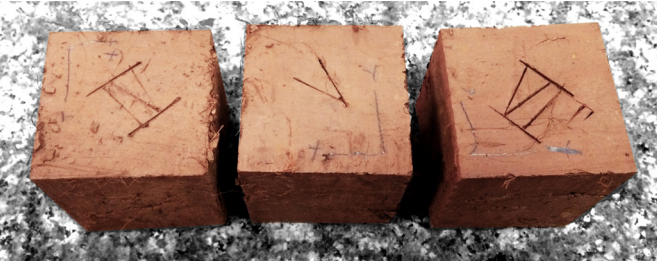
3.1.3 Características

- La cabuya es una fibra natural que se conjuga bien con la tierra.
- El proceso de preparación de este elemento es simple y económico.
- La presencia de cabuya en la tierra no interfiere en su mezclado y amasado.
- Esta fibra es económica y de fácil adquisición en el mercado local.

3.1.4 Conclusión

Los ensayos realizados nos llevan a la conclusión que el mayor porcentaje de adición de cabuya, permitió un mejor mezclado de las muestras, ya que como indica la NTE INEN 0488 se deben realizar 32 golpes con un pisón cada tres capas, proceso que aumenta el tiempo de mezclado a la vez que densifica la tierra (Gernot, 2005, p.51). Posterior a la rotura, las muestras presentaron un porcentaje mínimo de desmoronamiento o disgregación. Por tanto se puede constatar la presencia de un armazón interno conformado por tierra y cabuya, el cual le confiere una mayor cohesión y resistencia a la muestra.

Se observó que la resistencia a la compresión y el porcentaje de retracción mejoraron de manera proporcional al aumento de cabuya. De tal manera que el 10% de adición de esta fibra resultó un buen estabilizador en ambos casos. Luego de salir del horno se constató que las muestras conseguidas no poseían fisuramiento notable, además que las muestras secas mantuvieron sus aristas y superficies intactas, esto es debido a que la cabuya funciona como un material de amarre para la tierra, con lo cual se puede disminuir notoriamente el resquebrajamiento de la misma.



En conclusión la cabuya funciona bien, tanto para revoque como para relleno al poseer una superficie homogénea, alta resistencia y un bajo porcentaje de retracción.



i118 S.n. (s.f). Fibra Cabuya s.l. [Fotografía]. Recuperado de: [http://4.bp.blogspot.com/-JW69\\_jp9QjY/Up2kymfrZPI/AAAAAAAAAWA/sY6krvgQvE/s1600/DSC01531.JPG](http://4.bp.blogspot.com/-JW69_jp9QjY/Up2kymfrZPI/AAAAAAAAAWA/sY6krvgQvE/s1600/DSC01531.JPG)  
i.119 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Cabuya previo al ensayo de resistencia de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.



### 3.2 Material de estabilización 2: Bagazo

El bagazo es un producto natural que se origina a partir del proceso de fabricación del azúcar y constituye un subproducto de esta producción. Este material posee una estructura fibrosa, heterogénea en su estructura y granulometría, su densidad es baja, pero presenta un alto contenido de humedad en las condiciones iniciales de obtención (7). Exactamente cuánto se obtiene esta fibra, presenta la siguiente composición:

- Humedad (50%)
- Sólidos solubles (5%)
- Sólidos insolubles o fibra cruda (45%)

#### Químicamente está compuesto por:

- Carbono en 47%
- Sólidos solubles 6,5%
- Oxígeno 44%
- Cenizas 2,5%.

#### Está constituido por:

- Holocelulosa (75%)
  - o Celulosa (50%)
  - o Celulosa Alfa (37%)
  - o Celulosas Beta y Gamma (13%)
  - o Hemicelulosa (25%)
- Lignina (20%)
- Otros componentes (5%)

El bagazo al ser un producto constituido en su mayoría por celulosa tiene la capacidad de reducir ligeramente la absorción de humedad. Otra propiedad de la celulosa es el aumento de la

resistencia a la flexión, ya que las fibras de celulosa actúan como refuerzo interno. Se ha comprobado además que este material es bueno en el uso de revoques interiores. (Gernot, 2005, p.20, 50, 114)



i.120 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resistencia máxima alcanzada por la muestras con Cabuya [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.121 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.122 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya para ensayar [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

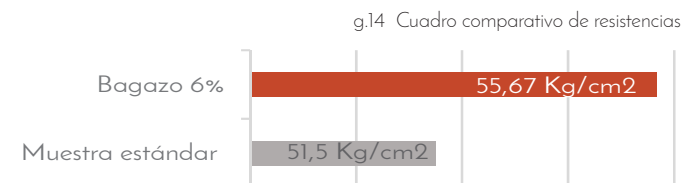
i.123 S.n. (s.f). Bagazo s.l. [Fotografía]. Recuperado de: <http://bioenergycrops.com/wp-content/uploads/2012/11/b2.png>

### 3.2.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

Una comparativa entre los porcentajes de adición de bagazo, indica que esta fibra otorga una mayor resistencia a la compresión, al aplicarse en una cantidad de 6% (t16).

Muestra	Peso	gr	Promedio	Resistencia	Promedio	t.16
			peso gr	kg/ cm2	Kg/cm2	
3%						
1	218,70		217,77	31,00	28,67	
2	219,40			24,00		
3	215,20			31,00		
6%						
4	235,80		233,60	49,00	55,67	
5	231,60			57,00		
6	233,40			61,00		
10%						
7	226,10		229,67	42,00	41,33	
9	232,60			44,00		
9	230,30			38,00		

El porcentaje de mejora del bagazo en relación a la muestra estándar es del 8%, mismo que es un porcentaje considerable y relevante (ver gráfico g.14). Si se tiene en cuenta los porcentajes de 3 y 10%, se puede notar que existe una reducción en la resistencia (t15) por lo que las fibras de este material no están dando un aporte a la resistencia a la compresión.



En este caso también se puede constatar que una mayor cohesión y densidad de las muestras influyen positivamente en el aumento de la resistencia a la compresión.

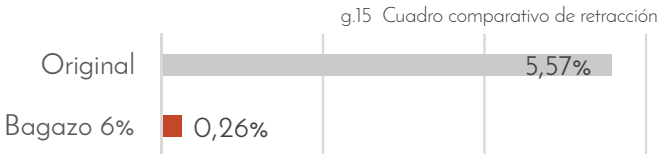
3.2.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

El bagazo presenta buenos resultados en lo que respecta a retracción. Entre la adición de 3, 6 y 10% (t.17) podemos notar que la menor retracción es la del 6%. La retracción de la tierra de Santa Ana -Quingeo sin un material de mejoramiento fue de 5,57%, por lo que se obtiene 5,31%, lo cual es muy favorable ya que la retracción de las muestras tienden a cero. En el 10% de adición de fibra, se tiene un dato un tanto insólito, debido a que la muestra presenta una expansión en sus dimensiones, es decir que la retracción es nula, pero el porcentaje de expansión es cercano al 0,5%.

t.17

Muestra	Retracción %	Promedio %
3%		
1	0,38	2,90
2	4	
3	4,32	
6%		
4	0	0,26
5	0,78	
6	0	
10%		
7	-0,2	-0,47
8	-0,8	
9	-0,4	

Por la capacidad de absorción de agua por parte de las fibras del bagazo, este se convierte en un material regulador y estabilizador de la cantidad agua. En una adición de un 10% la cantidad de fibras absorbió una cantidad de agua que mantuvo a las muestras en un estado de hinchamiento, las cuales al secarse no se retrajeron de manera normal. Comparando estos dos resultados en valor absoluto, se puede notar que el porcentaje de retracción obtenido con la adición de bagazo a un 6% es menor que la obtenida con el 10%.



3.2.3 Características

- El bagazo es una fibra natural que se combina bien con la tierra durante y posterior a la realización de la mezcla.
- El proceso de preparación de este elemento es simple y no requiere de máquinas complejas.
- Esta fibra es económica y de fácil adquisición en el mercado local.

3.2.4 Conclusión

Finalmente se llega a la conclusión de que el porcentaje que dota de una buena resistencia a la compresión y de

buenas propiedades frente al fenómeno de retracción es de 6%, el cual es además una cantidad que permite una fácil trabajabilidad en el proceso de preparado de la mezcla.







i.125

### 3.3 Material de estabilización 3: Totorá

La totora es una planta acuática que crece de manera silvestre o cultivada en lagunas, zonas pantanosas, chuchaques y valsares. La totora se puede encontrar en costa y sierra de países andinos como Perú y Ecuador. La totora ha sido usada por antiguas civilizaciones prehispánicas para fabricar embarcaciones, viviendas, islas flotantes, puentes, etc., como fue y es el caso del pueblo de los Uros asentados en el lago Titicaca. (8)

La totora es una planta que da lugar a un hábitat adecuado para la vida, en el cual convive armónicamente una diversidad de fauna y flora, por esta razón la producción de esta planta para uso artesanal o de construcción debe ser cuidadosa, y no se la debe usar indiscriminadamente o sin planes de reimplante, ya que esta especie alberga un ecosistema frágil. (9)

La totora gracias a su composición fibrosa resistente es excelente como material de construcción, mismo que sirve para realizar desde mobiliario hasta viviendas. Otro uso de esta fibra es la de material estabilizante para la construcción en tierra. (5)

#### 3.3.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

En base a las características de esta fibra y según los resultados antes obtenidos con los demás materiales, se esperaba que este material presentará una mejora en la resistencia a la compresión. Ninguno de los porcentajes

adicionados (3%, 6%, 10%) a la muestra de tierra estándar presentó mejoras (t.18); pero se puede notar que mientras mayor porcentaje de totora se adicionara, la resistencia era menor.

t.18

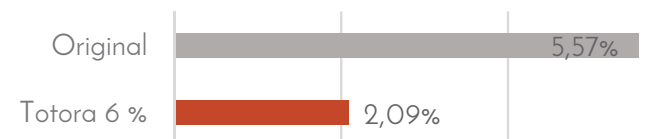
Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/cm2	Promedio Kg/cm2
3%				
1	229,70	228,87	53,00	48,00
2	229,60		45,00	
3	227,30		46,00	
6%				
4	226,40	227,43	46,00	44,00
5	227,70		47,00	
6	228,20		39,00	
10%				
7	222,50	216,87	28,00	34,00
9	205,70		40,00	
9	222,40		34,00	

El porcentaje que menormente disminuyó la resistencia a la compresión de la muestra fue el 3%, por lo que se supone que las propiedades como estabilizante de resistencia no son buenas.

#### 3.3.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

Las muestras con la adición de Totorá demuestran que la retracción disminuye casi entre 2 y 3% con respecto a la retracción de la muestra estándar.

g.16 Cuadro comparativo de retracción







i.124 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Bagazo para ensayar [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
i.125 S.n. (s.f). Totorá s.l. [Fotografía]. Recuperado de: [http://2.bp.blogspot.com/-\\_fRZ9dY6L54/UU-EFLUWPiI/AAAAAAAAANOk/XGvVwIByf6U/s1600/Typha+dom.+angust.+Totorá+4.jpg](http://2.bp.blogspot.com/-_fRZ9dY6L54/UU-EFLUWPiI/AAAAAAAAANOk/XGvVwIByf6U/s1600/Typha+dom.+angust.+Totorá+4.jpg)  
i.126 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Totorá posterior al ensayo de resistencia a la compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

Al sobrepasar el 6% de adición de totora en la tierra la retracción no mejora considerablemente (mejora 0,04%). Si se compara la retracción entre el 3 y 6% se puede notar que el segundo porcentaje presenta buenos resultados en cuanto a retracción, mejorando en un 3% a la muestra original (t.19)

t.19		
Muestra	Retracción %	Promedio %
3%		
1	2	2,72
2	3,16	
3	3	
6%		
4	2,32	2,09
5	2,2	
6	1,76	
10%		
7	7,4	4,96
8	1,32	
9	6,16	

3.3.3 Características

- La totora es una fibra natural que se combina con dificultad con la tierra durante la realización de la mezcla.
- El proceso de preparación de este elemento es simple, pero requiere de mucho tiempo.
- Esta fibra es económica y de fácil adquisición en el

mercado local, pero su uso indiscriminado tiene repercusiones en el hábitat donde crece.

- No presenta un aporte significativo en cuanto a terminados, ya que si bien es cierto visualmente la muestra posee una apariencia lisa, sus aristas se rompen con facilidad, por lo que adquieren una apariencia irregular.

3.3.4 Conclusión

Respecto a las demás fibras analizadas y teniendo en consideración que todas se han realizado en igualdad de condiciones, se concluye que el aporte de la totora como material de mejoramiento para la muestra de tierra Santa Ana - Quingeo no es significativa, ya que no hay mejora en los paramentos necesarios para este estudio.





### 3.4 Material de estabilización 4: Aserrín

El aserrín es un producto que resulta del proceso de tala o cortado de la madera (ver imagen i. 128), estas virutas que pueden ser de distintos tamaños. “Los residuos de la madera (aserrín) son altamente contaminantes para el medio ambiente”. También son peligrosos para la salud siendo los mismos causantes de diversas enfermedades (10). Como una búsqueda para dar una aplicación y reducir el impacto de este material en el ambiente, se han realizado paneles y tableros a partir de estos desechos, ya que si se lo utiliza de manera adecuada pueden conformar materiales de buena calidad. Las propiedades físicas del aserrín también pueden ser aplicadas para estabilizar suelos.

i.128



Al estar constituido por una estructura fibrosa, se puede usar este material para mejorar y obtener ciertas características, como es el caso de la reducción de peso y disminuir la retracción.

#### 3.4.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

La resistencia obtenida al ensayar las muestras de tierra con aserrín, dio como resultado disminución de la resistencia a la compresión en todos los porcentajes propuestos; el resultado menos perjudicial corresponde a la adición de 6% de aserrín, misma que disminuyó la resistencia en - 1.62 % respecto de tierra sin materiales de mejoramiento (ver tabla t.20).

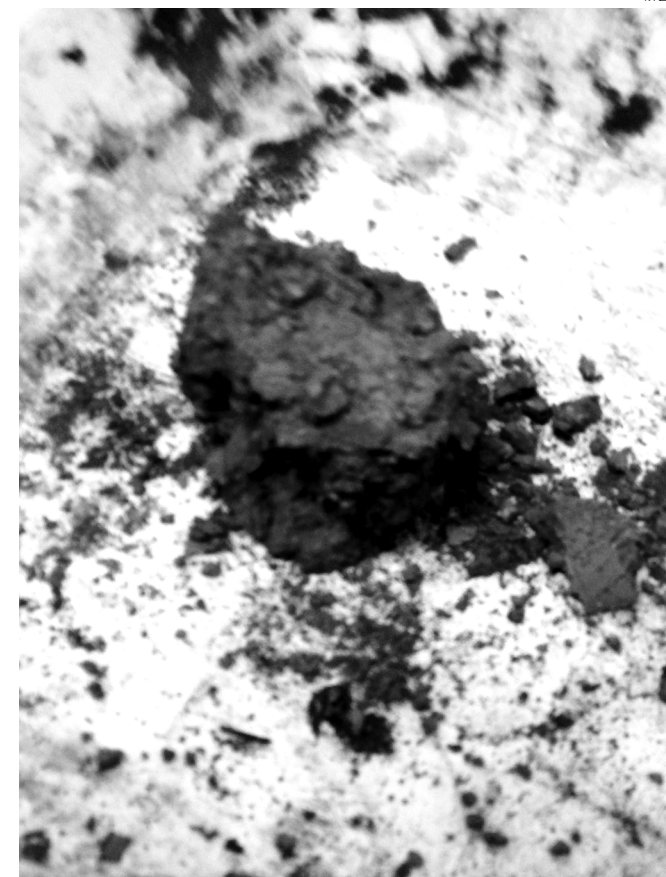
t.20

Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/ cm2	Promedio Kg/cm2
3%				
1	238,00	236,47	47,00	44,67
2	237,80		41,00	
3	233,60		46,00	
6%				
4	230,50	230,20	50,00	50,67
5	230,10		56,00	
6	230,00		46,00	
10%				
7	200,20	208,00	33,00	32,67
9	223,50		30,00	
9	200,30		35,00	

Es importante recalcar que la principal función del aserrín en el barro es la reducción del peso; como se puede ver en la tabla t.20, mientras se agregue un mayor porcentaje de aserrín la muestra bajará de peso pero se debe tomar en cuenta que los porcentajes mayores al 6% pueden influir negativamente en la resistencia a la compresión.

Posterior a la rotura las muestras no conservaron su forma inicial, presentando desmoronamiento de todas sus superficies (ver imagen i.29-30).

i.129







i.127 Gárate, L & Morales, J. (2016). Segunda resistencia máxima alcanzada por la muestras con Titora [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
i.128 S.n. (s.f). Aserrín s.l. [Fotografía]. Recuperado de: [https://r.btcn.co/1037/original/201139-Aserr%C3%ADn\\_de\\_Cerezo.JPG](https://r.btcn.co/1037/original/201139-Aserr%C3%ADn_de_Cerezo.JPG)  
i.129 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Aserrín posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
i.130 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Aserrín posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

### 3.4.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

El mejor resultado para la retracción resulto de la aplicación del barro con un 6% de aserrín, lo que disminuyó la retracción en un 4,78 % respecto de la muestra original de tierra Santa Ana - Quingeo.

t.21		
Muestra	Retracción %	Promedio %
3%		
1	1,14	2,89
2	3,00	
3	4,54	
6%		
4	0,40	0,79
5	0,98	
6	0,98	
10%		
7	1,58	1,86
9	2,00	
9	2,00	

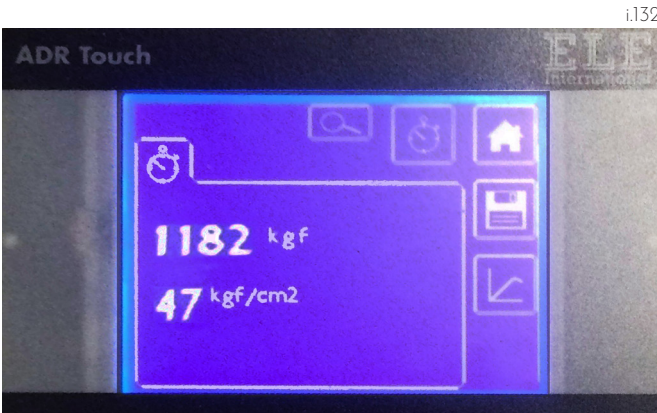
### 3.4.3 Características

- La incorporación de aserrín en el barro dio buenos resultados luego del secado, ya que estas no presentaron agrietamientos o fisuraciones (ver imagen i.131).
- El aserrín es un material de fácil acceso y al ser un desperdicio se lo consigue a bajos precios.
- Es efectivo como elemento de alivianamiento.

### 3.4.4 Conclusión

La adición de aserrín en una proporción del 6% resultó la mejor para la reducción de la retracción, pero no se recomienda como material de estabilización en caso de que se desee mejorar la resistencia a la compresión, por otro lado si la prioridad es una reducción de peso, adicionar un 6% de esta fibra puede resultar

la mejor opción ya que en este porcentaje la reducción de la resistencia es poca. Por lo tanto se puede plantear que la adición de  $\pm 6\%$  de aserrín es un porcentaje idóneo para uso en tierra.







### 3.5 Material de estabilización 5: Fibra de vidrio

Las fibras de vidrio se producen por medio de un proceso de hilado bajo fusión, donde un conjunto de los filamentos se reúnen para conformar una fibra y esta a su vez una malla a manera de tela (ver imagen i.133). Este producto posee una elevada resistencia gracias a los enlaces covalentes entre el silicio y los radicales oxígeno. La estructura atómica de este compuesto es amorfa, lo que ayuda a que en unión genere una red tridimensional de enlaces, lo que le confiere a este material propiedades isotrópicas (11).

Estas fibras por su gran resistencia han sido ampliamente usadas como material de refuerzo. Es muy utilizada como refuerzo en la industria de plásticos, pero dependiendo de las necesidades o requerimientos las fibras de vidrio pueden ser de cuatro tipos (11):

- Tipo E, es por la inicial de eléctrico, ya que inicialmente se usó para estos fines, pero se puede utilizar como material de refuerzo, pero su resistencia no es muy alta.
- Tipo R y S, estas tipologías hacen referencia a Resistance (francés) y Strength (inglés), mismas que poseen una mayor resistencia que las fibras de tipo E.
- Tipo C, esta presenta una buena resistencia a químicos, de ahí procede su nombre C (Chemical).

Este material es muy utilizado ya que es resistente a factores climáticos, químicos y físicos, además es incombustible, estable, biológicamente inerte y mal conductor térmico. En cuanto a

prestaciones físicas y mecánicas, las fibras de vidrio aportan a reducir factores de incombustibilidad, aumentar la resistencia a tensión y aislamiento. (11)



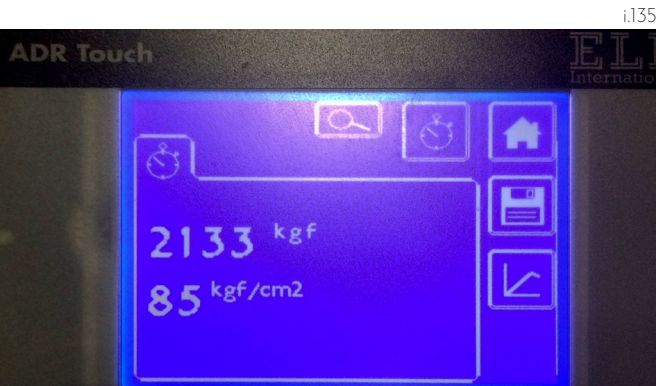
Una dificultad que presenta este material está relacionado con la salud, ya que es un producto químico industrial y por lo tanto se debe utilizar con precaución, instrumental adecuado y bajo condiciones controladas, para que el mismo no cause repercusiones contra la salud de la gente que lo manipula. (12)

#### 3.5.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

En los ensayos realizados la fibra de vidrio presentó excelentes resultados en resistencia a la compresión, llegando a mejorar casi un 50% a la muestra original. Cabe recalcar que las fibras adicionales no tuvieron ningún tratamiento, ni alteración de sus dimensiones (ver imagen i.134). Las fibras utilizadas presentaban un largo promedio de 4 a 5 cm, por lo que este factor pudo ayudar a la mejora de la resistencia, como se puede observar anteriormente



en el ensayo de la Cabuya se obtuvieron excelentes resultados con la adición de fibras de cabuya en largos de 4 a 5 cm, a pesar de que se presentaron problemas de compactación. El porcentaje que mejores resultados presentaron en la aplicación de fibra de vidrio fue el 6%, llegando a un promedio de 76 Kg/cm2. Nuevamente la densidad es un factor que incide en la resistencia, como se puede observar en la tabla t.22. El 6% posee las muestras con mayor peso y por tanto mayor densidad, y son estas las que dan la mayor resistencia entre todas las muestras sometidas a compresión.

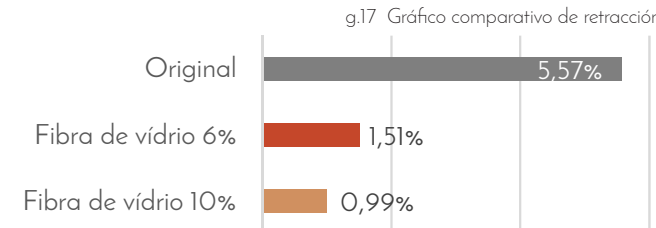


i.131 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Aserrín previo al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
i.132 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resistencia de la muestra 1 con 3% de Aserrín [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
i.133 S.n. (s.f). Fibra de Vidrio s.l. [Fotografía. Recuperado de: <https://thumbs.dreamstime.com/z/d-el-yeso-de-mezcla-12721987.jpg>]  
i.134 Gárate, L & Morales, J. (2016). Fibra de vidrio previo a la colocación en la tierra [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

t.22				
Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/ cm2	Promedio Kg/cm2
3%				
1	213,00	215,27	54,00	54,00
2	214,90		54,00	
3	217,90		54,00	
6%				
4	240,40	241,80	80,00	76,00
5	243,20		63,00	
6	241,80		85,00	
10%				
7	222,60	223,83	52,00	62,33
9	223,80		68,00	
9	225,10		67,00	

3.5.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

Todas las muestras ensayadas presentan una mejora en la retracción (ver tabla t.23), pero el mejor resultado de retracción no coincide con la mejor de resistencia; siendo en este caso 10% el que mejora en un 4% la retracción a la muestra original, pero la misma no se encuentra lejana de la muestra con 6% de adición de fibra de vidrio, que presenta una mejora de 3,5% respecto a la original (g.17).



t.23		
Muestra	Retracción %	Promedio %
3%		
1	1	2,47
2	4,2	
3	2,2	
6%		
4	1,8	1,51
5	1,4	
6	1,32	
10%		
7	1,4	0,99
8	0,38	
9	1,2	

3.5.3 Características

- La fibra de vidrio presenta mejoras en la apariencia de las superficies de los cubos, además sus aristas presentaban mayor resistencia al resquebrajamiento.
- En una aplicación de 6% mejora casi al doble la resistencia a la compresión.
- Luego del ensayo de compresión las muestras se fisuraron, manteniendo su morfología casi intacta (ver imagen i.136)
- La trabajabilidad al momento de realizar la muestra presenta ligeras dificultades debido a que el material no se puede manipular en contacto directo con la piel, por lo que es necesario materiales e implementos de protección personal.
- No es un material extremadamente costoso, pero si lo es en relación a materiales naturales.



i.136

presenta al 6% como la adición óptima para este material. Como conclusión se constata las excelentes propiedades de resistencia de esta fibra y su buena aplicación a elementos de tierra.

### 3.6 Material de estabilización 6: Estiércol de Caballo

Durante siglos el guano o estiércol ha sido usado como material de estabilización para suelos. Usar este material como elemento para la construcción es económico y da resultados comprobados. Para poder aplicar el guano a la tierra, se debe primero dejar reposar de 1 a 4 días, tiempo en el que da curso el proceso de fermentación, esto permite un mejor mezclado y por consiguiente su estabilización se incrementa ampliamente, ya que existe un intercambio de iones entre los minerales de arcilla y estiércol. Para el mejoramiento de la mezcla en revoques, el tiempo de fermentación se reduce de 4 a 1 día, método que es muy utilizado hasta nuestra época. (5)

#### 3.5.4 Conclusión

Las muestras ensayadas presentan una mejora en la retracción, siendo el 6 y 10% los mejores resultados, con tan solo un 0,21% de diferencia. Realizando una comparativa entre el ensayo de retracción y compresión, se puede concluir que el 6% de adición de fibra es el óptimo, ya que presenta el mejor resultado de resistencia a la compresión y considerando que la diferencia de porcentaje de retracción entre el 6 y 10% es despreciable, por lo que se

En la FEB se realizaron ensayos para comprobar las propiedades de estabilización de este material, el estudio consistió en someter a aspersión de chorros de agua para erosionar dos tipos de muestras de tierra distintas, la primera un suelo sin estabilizar y la segunda una muestra estabilizada con estiércol a 3,5%. Se comprobó que las muestras sin estiércol se erosionaban luego de 4 minutos, mientras que las estabilizadas iniciaron el proceso de erosión luego de 4 horas. (Gernot, 2005, p.49)

#### 3.6.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

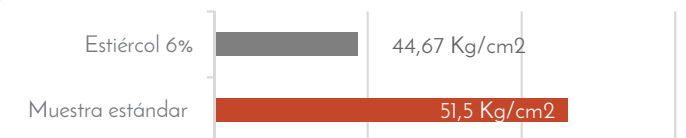
En el caso de las muestras mezcladas con guano se encuentra el mejor resultado cuando se adiciona un 6 %; es importante recalcar que dicho porcentaje también posee el mayor promedio de peso, como se puede apreciar en la tabla t.24.

t.24

Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/ cm2	Promedio Kg/cm2
3%				
1	212,70	212,30	39,00	35,33
2	213,60		33,00	
3	210,60		34,00	
6%				
4	220,30	219,70	42,00	44,67
5	221,30		45,00	
6	217,50		47,00	
10%				
7	207,10	207,33	41,00	37,00
9	206,90		36,00	
9	208,00		34,00	

Contraponiendo con los resultados a la resistencia a la compresión de la muestra de tierra Santa Ana- Quinjeo (51,50 kg/cm<sup>2</sup>) esta disminuye su resistencia a la compresión un 13,26% (ver gráfico g.18). Cabe destacar que algunas de las muestras después del ensayo tuvieron una desfragmentación leve.

g.18 Gráfico comparativo de retracciones







i.137 i.138

3.6.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

El mejor resultado encontrado se le atribuye a la adición de guano a 6%, teniendo una disminución de 4.66 % con relación a los resultados de la muestra de tierra sin ningún material de mejoramiento (t.25).

t.25

Muestra	Retracción %	Promedio %
3%		
1	1,80	1,79
2	1,98	
3	1,58	
6%		
4	0,52	0,91
5	0,80	
6	1,40	
10%		
7	1,92	2,44
9	2,40	
9	3,00	

3.6.3 Estudio y análisis de resultados de resistencia al agua

De igual manera que en los ensayos de compresión y retracción, se sometió a sumersión tres muestras por dosificación, para examinar de mejor manera los resultados de estabilización. Como se aprecia en los gráficos se colocaron tres muestras con 3% de guano (parte superior), tres muestras con 6% (muestras intermedias) y tres con 10% (parte inferior).



Análisis a los treinta minutos.

Se pudo apreciar que en los primeros minutos hubo un desprendimiento mínimo en las superficies de las muestras, manteniendo intacto el interior de estas. No se apreció la aparición de burbujas que delaten la posible penetración del agua hacia zonas interiores de las muestras (i.138).

Análisis a las tres horas

Las muestras con guano se mantuvieron bien, aunque fue notoria una ligera desintegración en la superficie, fenómeno que se acentuó en las aristas, las muestras con 3% mostraron una menor resistencia que el resto de muestras. En este tiempo el ingreso de agua al interior era evidente por el aumento de volumen de las muestra (i.138).



#### Análisis a las seis horas

A las seis horas del ensayo no se observó un cambio notorio en la morfología de las muestras, el aumento de volumen se mantuvo constante desde la última observación. Un cambio notable fue una desintegración adicional en las superficies, lo que se puede apreciar por la estela de sedimentación que se asienta alrededor de las muestras (i.139).

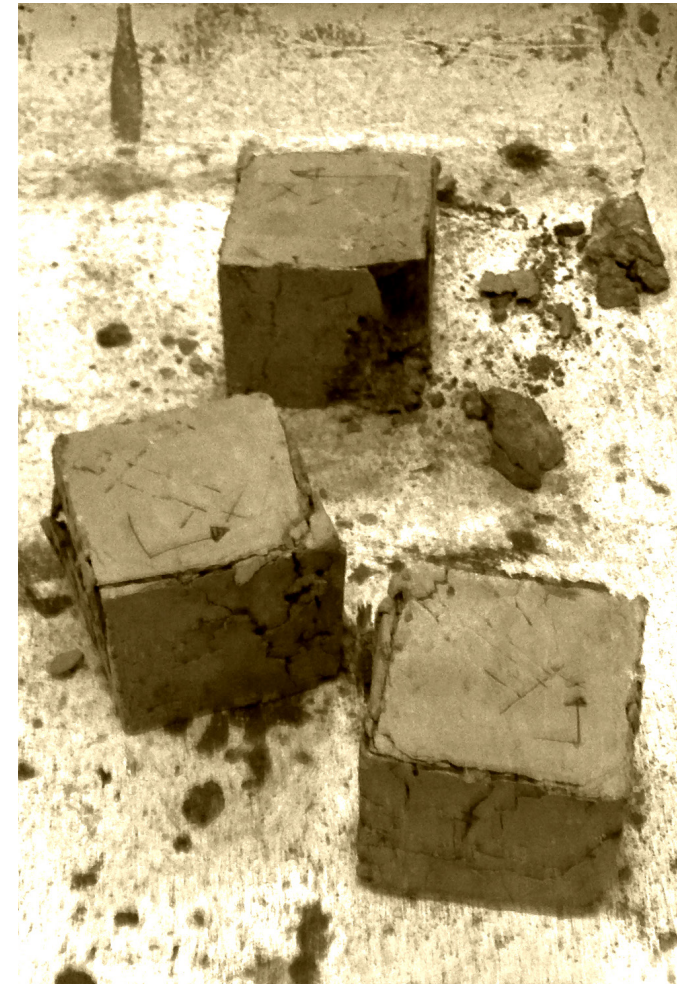
i.139

#### Veinte y cuatro horas

Se puede apreciar un desgaste progresivo de los bordes de las muestras, pero morfológicamente no se han alterado notoriamente ya que aún conservan una forma semejante a un cubo. A pesar del desgaste en las aristas, las muestras con tierra y guano no se vieron mayormente afectadas. Es claro que un mayor porcentaje de este material mejora la resistencia de la tierra frente al agua, ya que las muestras con 3% de guano tuvieron el mayor deterioro (i.140). Una vez vaciados los recipientes, se constató que las muestras a pesar de contener gran cantidad de agua, aun presentaban cierto grado de resistencia.



i.140



i.141



3.6.4 Características

- La adición de guano mostró una gran mejora en su trabajabilidad, además de que se logró obtener una buena calidad posterior al secado.
- La aplicación de guano ayuda a reducir el fisuramiento y desprendimiento en superficies y aristas, incluso luego de estar sometido a grandes cargas (i.141).
- Es un material económico y fácil de conseguir.
- El guano es un material que requiere un procesamiento previo a la adición al barro, este proceso de transformación es relativamente fácil pero requiere un tiempo para que este material genere condiciones óptimas.
- Es excelente como material estabilizador para resistir a la intemperie y erosión por agua.

3.6.5 Conclusión

El guano es un material que brinda grandes ventajas en trabajabilidad ya que al adicionarlo se pudo observar una mejora notable en la plasticidad del barro, permitiendo un trabajo de mejor calidad.

Se puede recomendar su uso para revoque debido a que el guano ayuda a la eliminación de fisuras y resquebrajamientos en superficies y aristas (i.137). Aunque se debe tomar en cuenta que aplicado de manera individual puede disminuir levemente la resistencia a la compresión.

3.7 Material de estabilización 7: Aceite quemado

El aceite quemado es un producto altamente contaminante que se obtiene como residuo de los lubricantes para motores. Actualmente se pueden realizar procesos que permiten reutilizarlo en un 100%, acciones que son necesarias ya que un galón de aceite puede contaminar hasta mil galones de agua. Al ser un elemento bituminoso y aceitoso puede ser usado para impermeabilizar la tierra.



i.135 Gárate, L & Morales, J. (2016). Mayor resistencia obtenida por la muestra número 6 con la adición de 6% de Fibra de Vidrio [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.136 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con 6% fibra de vidrio posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.137 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Estiércol luego del proceso de secado [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

3.7.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

Los ensayos para determinar la resistencia a la compresión realizada con la adición de aceite quemado, demostraron que este líquido bituminoso derivado del petróleo disminuye drásticamente la resistencia a la compresión, siendo esta la más baja de todos los materiales ensayados hasta este punto (t.26).

Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/ cm2	Promedio Kg/cm2
3%				
1	224,40	224,83	18,00	16,33
2	223,30		13,00	
3	226,80		18,00	
6%				
4	216,40	212,90	23,00	24,00
5	208,50		24,00	
6	213,80		25,00	
10%				
7	213,00	214,80	10,00	11,33
9	215,20		14,00	
9	216,20		10,00	

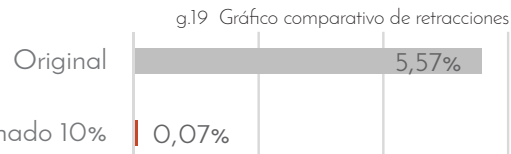
La aplicación de los distintos porcentajes de este material redujeron en todo los casos, la capacidad de resistencia a la compresión en más del 50% respecto a la muestra original. De entre todos los porcentajes de adición de aceite quemado, fue la aplicación de 6% la que presentó una menor reducción de resistencia. Como material de aplicación individual para el mejoramiento y estabilización a la resistencia de compresión simple y en porcentajes mayores al 3%, se descarta el aceite quemado, debido los resultados negativos obtenidos.





### 3.7.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

En este ensayo se puede notar una notable reducción en cuanto a la retracción respecto a la muestra original (g.19).



Esta mejora es directamente proporcional a los porcentajes adicionados, teniendo como mejor resultado el 10% de adición de aceite quemado.

La retracción que presenta el 10% tiende a cero, por lo que podría ser favorable para revoques, pero debido a su baja resistencia va a ser propenso al desprendimiento de sus superficies, por tanto se reduce su viabilidad para este uso (t.27).

t.27

Muestra	Retracción %	Promedio %
3%		
1	0,72	0,47
2	0	
3	0,68	
6%		
4	2	1,64
5	0,96	
6	1,96	
10%		
7	0,2	0,07
8	0	
9	0	



i.143

### 3.7.3 Estudio y análisis de resultados de resistencia al agua

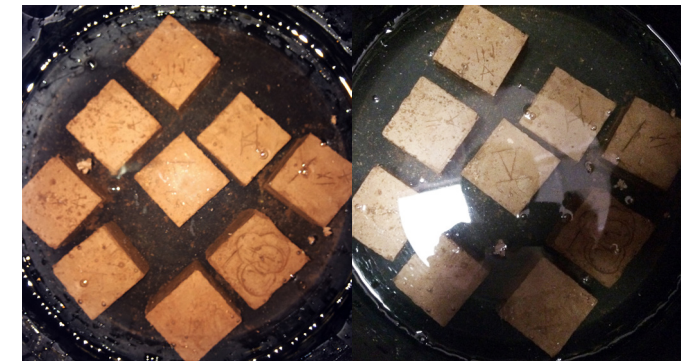
i.31

#### Análisis a los treinta minutos

El comportamiento bajo el agua de las muestras de tierra mejoradas con la adición de aceite quemado, presentaron una reacción casi inmediata de erosión, misma que fue notoria en sus superficies. Un análisis visual reveló que las aristas de los cubos se mantuvieron en buen estado, a pesar del desgaste de sus superficies, como se puede apreciar en las imágenes i.144-145.

i.144

i.145



#### Análisis a las tres horas

A las tres horas la morfología, fisonomía y la composición interna de las muestras presentaron un cambio notorio, ya que se puede apreciar la ganancia de una gran cantidad de agua por parte de cada muestra, fenómeno que se constata por el leve aumento de sus dimensiones y la disminución de la cantidad de agua inicial.

i.138 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Estiércol durante los primeros 30 minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.139 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Estiércol durante las tres primeras horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

en el envase contenedor. En este punto ya se puede apreciar la incidencia que la cantidad de aceite quemado tiene sobre cada muestra, la cual da una buena expectativa a la adición de 3 % de este material, ya que el deterioro se acentúa fuertemente en las muestras con un 6 y 10% de aceite quemado (i.146).



Análisis a las seis horas

La incidencia de sumersión de las muestras por periodos más extendidos permite apreciar de mejor manera el efecto del agua al

contacto con un suelo determinado. A las 6 horas de sumersión la degradación de las muestras con 10%, ha alcanzado una erosión de un 60%, presentado una ligera resistencia las muestras con 3 y 6% (i.147).



Análisis a las veinte y cuatro horas

El estado que presentan las muestras a las 24 horas es significativo en cuanto a dos porcentajes aplicados, debido a que solamente las muestras con un porcentaje de 3% de aceite quemado no se han desintegrado totalmente; presentando desfragmentación parcial en sus aristas. En el caso de las muestras con 6% de material de

mejoramiento, se puede notar una diferencia significativa ya que las muestras enseñan superficies con grandes agrietamientos y desprendimientos considerables, por lo que la afectación del agua sobre las mismas es notable (i.148).



Como podemos apreciar, el incremento de aceite quemado sobre las muestras no ayuda a la resistencia contra el agua, por lo que





es entendible que al 10% de incremento de aceite quemado las muestras se hayan desintegrado casi totalmente, quedando solo pequeños montículos como rezagos de los cubos originales.



i.140 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Estiércol luego de retirar el agua posterior al ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.141 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Estiércol posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.142 S.n. (s.f). Aceite Quemado s.l. [Fotografía]. Recuperado de: [http://1.bp.blogspot.com/-hYyJ6aKAsoI/UAhmSJw\\_Vol/AAAAAAAAAB8/Pwx07Ootr4c/s1600/DSCO1507.JPG](http://1.bp.blogspot.com/-hYyJ6aKAsoI/UAhmSJw_Vol/AAAAAAAAAB8/Pwx07Ootr4c/s1600/DSCO1507.JPG)

i.143 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Aceite quemado antes de su rotura [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.144 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Aceite quemado durante los primeros 30 minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.145 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Aceite quemado durante los primeros 30 minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

### 3.7.4 Características

- El terminado que presentan las muestras a simple vista son buenas, pero debido a la fragilidad de sus aristas y caras, el buen terminado dura muy poco tiempo. Esta baja resistencia durante el tiempo denota que el aceite quemado no es un buen material en grandes cantidades, pero como desmoldante funciona bien.
- Este estabilizador reduce la resistencia a la compresión en porcentajes mayores a 3%.

### 3.7.5 Conclusión

Por medio del ensayo de sumersión se pudo determinar que la resistencia de las muestras de tierra al agua es inversamente proporcional a la adición de aceite quemado. Sabiendo que los porcentajes de adición de este derivado del petróleo fueron 3, 6 y 10%, podemos concluir que el 3% es el adecuado para obtener una mejor resistencia al agua.

En comparativa con los ensayos de resistencia, el aceite quemado no presento en ningún porcentaje una mejora, no siendo así el caso del ensayo a retracción, donde se obtuvieron excelentes resultados (3% y 10%). El factor resistencia es uno de los parámetros principales de este estudio, por lo que se deberá buscar estabilizar esta deficiencia con un material adicional, para la posible aplicación del aceite quemado como material estabilizante, ya que el mismo presento buenos resultados en los ensayos de retracción y resistencia al agua.



i.146 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Aceite quemado durante las tres primeras horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.147 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Aceite quemado a las seis horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.148 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Aceite quemado a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.149 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Aceite quemado luego de las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.150 S.n. (s.f). Aceite Quemado s.l. [Fotografía]. Recuperado de: <http://previews.123rf.com/images/kesu87/kesu871404/kesu87140400405/27681462-El-aceite-de-motor-de-verter-sobre-el-fondo-negro-Foto-de-archivo.jpg>



3.8 Material de estabilización 8: Aceite de linaza

El aceite de linaza es un producto derivado de la planta de lino, misma que contiene sustancias benignas para la salud.



Es usado como tratamiento para curar y prevenir enfermedades, pero además es empleado como material para estabilizar la tierra.

i.151 La linaza está compuesto en gran parte por ácido alfa-linolénico (ALA) un ácido esencial (13). Las propiedades compositivas de este aceite le transforman en un elemento estabilizador de buena calidad para la construcción en tierra. La linaza como base para pinturas puede presentar una reducción de la absorción de agua hasta en un 50%, razón por la que las pinturas a base de este aceite son buenas en la aplicación de muros de barro ubicados en baños y cocinas, ya que su superficie facilita la limpieza.

Este material debe aplicarse no en estado natural, sino debe estar cocido para que seque más rápido y actúe de manera efectiva. Estudios de la FEB han comprobado que el aceite de linaza presenta una alta resistencia frente a las inclemencias del clima. Otra propiedad que se puede obtener por medio del uso de este material, es un mejoramiento en cuanto a cohesión. Si se combina la linaza con otros materiales complementarios, se puede potenciar la resistencia a la compresión de las muestras de tierra (5).

3.8.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

La adición del aceite de linaza en un 6 % y 10% presentó excelentes resultados, teniendo en cuenta que la linaza es una solución que no contiene fibras, por lo cual carece de un endoesqueleto que ayude a soportar los esfuerzos físicos generados. Se puede visualizar que

las muestras ensayadas presentan una alta densidad, cercana a la obtenida por la muestras con fibra de vidrio y bagazo, las cuales dieron buenos resultado de resistencia a la compresión simple (t.28).

t.28				
Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/ cm2	Promedio Kg/cm2
3%				
1	245,00	242,27	47,00	40,00
2	240,30		40,00	
3	241,50		33,00	
6%				
4	229,30	233,00	59,00	59,67
5	236,80		68,00	
6	232,90		52,00	
10%				
7	234,90	235,40	67,00	59,33
9	237,50		51,00	
9	233,80		60,00	

Se constata nuevamente, que el uso de materiales que permiten una buena trabajabilidad y cohesión, ayudan a que las moléculas de los componentes de la tierra se organicen de mejor manera, permitiendo mayores densidades y por consiguiente excelentes resistencias.

Los resultados obtenidos en un 6 y 10% son similares y muy cercanos entre sí, por lo que los dos porcentajes presentan un incrementando de 16% de resistencia frente a la muestra Santa



i.152

Ana - Quingeo (sin mejoramiento), como se aprecia en la tabla t.28.

i.153



Es importante mencionar que las muestras posteriores a la realización de este ensayo presentaron un fisuramiento leve y un desprendimiento de algunas partes, lo cual es bueno, porque en otros casos las muestras se desintegraron casi por completo, en cambio las muestras con aceite de linaza mantuvieron una morfología muy cercana a la inicial.

i.151 S.n. (s.f). Aceite de Linaza s.l. [Fotografía]. Recuperado de: <http://www.runners.es/media/cache/original/upload/images/article/11772/article-los-beneficios-del-consumo-de-aceite-y-grasas-buenas---559cdf13909d6.jpg>

i.152 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras de Linaza previo al ensayo de rotura [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.153 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultado de resistencia a la compresión de la muestra 1 con 3% de aceite de linaza [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.



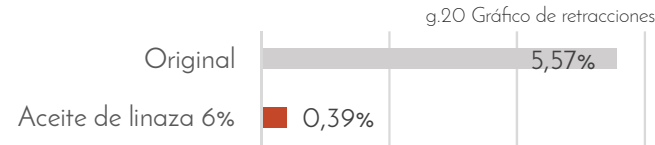
i.154

### 3.8.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

El ensayo a la retracción determinó que la adición de aceite de linaza en un 6 % reduce la retracción 5,18 % con respecto a la retracción obtenida por la tierra Santa Ana - Quingeo sin material



de mejoramiento. Esta disminución del porcentaje de retracción es buena ya que se encuentra por debajo del 1%, mismo que es un porcentaje óptimo. Se puede apreciar en el gráfico g.20 y tabla t.29 el mejoramiento que presenta la muestra respecto a la adición de Aceite de Linaza y respecto a la muestra estándar.



t.29		
Muestra	Retracción %	Promedio %
3%		
1	5,92	3,11
2	2,20	
3	1,20	
6%		
4	0,60	0,39
5	0,58	
6	0,00	
10%		
7	2,58	1,98
9	0,60	
9	2,76	

3.8.3 Estudio y análisis de resultados de resistencia al agua

Para poder identificar los porcentajes de aplicación de estabilizante, se colocaron tres muestras con 3% de aceite de linaza en la parte superior, tres muestras con 6% en el intermedio y tres con 10% en la parte inferior del envase, como se aprecia en las imágenes i.156-i.159.



Análisis a los treinta minutos

El ensayo de sumersión bajo el agua de las muestras con adición de aceite de linaza, revelo una aparente resistencia inicial (primer minuto). Durante los minutos siguientes la muestra comenzó a reaccionar, presentando ligera absorción de agua, fenómeno que se confirmó por las burbujas de aire en la superficie y por el aumento de volumen de las muestras; esto provoco el desprendimiento de pequeñas partículas de las superficies y aristas. Los resultados de la reacción de las muestras con los diferentes porcentajes de aceite de linaza no difirieron significativamente entre sí en este lapso de tiempo (ver imagen i.156).







### Análisis a las tres horas

Durante las siguientes 3 horas el primer fenómeno que se puede apreciar con facilidad es la absorción de líquido, ya que el nivel inicial de agua ha disminuido de 2 a 3 mm bajo la superficie. A diferencia del aceite quemado, el aceite de linaza si presenta un avance directamente proporcional a la adición de material de mejoramiento (i.157).

Se puede observar que las muestras con un porcentaje de 3% son las más afectadas al contacto directo con el agua, presentado desmoronamiento de sus aristas (muestras superiores). Las muestras con la adición de un 6% de aceite de linaza conservan su morfología inicial (cubo), pero la fisonomía ha variado de la original, donde dos de tres muestras presentan un notable agrietamiento.

i.157



En este lapso de tiempo, se nota que el 10% de aceite de linaza presenta una buena resistencia a la sumersión bajo agua, conservando aparentemente en buen estado las muestras, pero un examen visual más minucioso revela la presencia de una fisura que recorre las cuatro aristas de las superficies superiores de los cubos, efecto que se produce debido a que la composición interna de los cubos ha adquirido un porcentaje adicional de agua (hinchamiento).

### Análisis a las seis horas

Los efectos y reacciones ya visibles durante los primeros 30 minutos se han acentuado de manera leve en las 6 siguientes horas, la resistencia de las muestras al agua sigue siendo directamente proporcional a la adición de aceite de linaza, por lo que el deterioro más notorio, se encuentra en las muestras de 3%.

Se puede notar en las muestras con 3% la aparición de nuevas grietas. La morfología presenta también una pequeña degradación, notándose aristas más redondeadas producto de la erosión que el agua provoca sobre ellas. El hinchamiento de las muestras es mayor, presentando un mayor tamaño y reducción del nivel de agua.

Las muestras con 6% de aceite de linaza en comparación con los resultados de los primeros minutos no presentan un cambio considerable, por lo que se supone que están presentando resistencia al contacto con el agua. Un fenómeno que es notable a un nivel de observación más minucioso es la absorción de agua,

fenómeno físico que se nota por las dimensiones de los cubos y reducción del nivel de agua del envase.

Sin duda alguna el 10% presenta una mejora superior a los demás porcentajes de adición de aceite. Se aprecia claramente que las muestras en un análisis visual no presentan cambios representativos, incluyendo las dimensiones, por lo que se supone el aceite de linaza evita el excesivo ingreso de agua, reduciendo de esta manera el hinchamiento de las muestras (i.158).

i.158



### Análisis a las veinte y cuatro horas

Las muestras a las 24 horas ya presentan cambios notables, la reacción de las mismas a la sumersión bajo agua ha generado cambios en su morfología, fisonomía, dimensiones y composición interna (i.159).

Las muestras al 3% de aceite de linaza si bien es cierto presentan fuertes resquebrajamientos en sus aristas y un cambio bastante notable en su morfología y fisonomía, no difieren fuertemente de las muestras con aceite quemado.

i.159



Las muestras con un 6% de aceite de linaza por otro lado no presentaron un deterioro progresivo respecto al tiempo de sumersión, sino más bien el deterioro que se nota a las 24 horas es bastante cercano al causado en los primeros minutos y horas. Por lo que presentan una resistencia considerable durante este tiempo de sumersión. Un efecto grave en este porcentaje es la aparición de grietas, si se usa un elemento fibroso es probable que la fisuración disminuya.

Las muestras del 10% y 6% no presentan deterioro significativo durante el tiempo de sumersión, por lo que el aspecto de las mismas es muy similar a la presentada en los primeros minutos. Se puede apreciar que el aceite de linaza dota de un parcial aislamiento contra el agua, propiedad que aumenta proporcionalmente al incremento de este estabilizante.

#### 3.8.4 Características

- La incorporación del aceite de linaza en el barro mejora notablemente el acabado final de las muestras, evitando la fisuración y en especial se logró una superficie lisa con un menor esfuerzo que con otros materiales.
- El uso de este ayuda a incrementar la cohesión.
- El porcentaje de aplicación del 6% de aceite de linaza en el barro, muestra una correlación de resultados aceptables de resistencia a la compresión, retracción, y resistencia al agua.
- Es aconsejable el uso de aceite de linaza tanto en revoques como en relleno, debido a que la adición de este presentó un notorio aumento en la resistencia a la compresión.

- Los resultados en el ensayo a la humedad determinaron que en una dosificación del 10% este material resiste formidablemente a la acción del agua, por lo que se deberá tomar en cuenta esto al momento de su aplicación en revoques.
- La linaza permite una mejor trabajabilidad de la tierra durante su amasado.
- Para obtener un bajo porcentaje de retracción se debe aplicar en un 6%.
- Este material a pesar de no generar redes como en el caso de las fibras, ha logrado aumentar notablemente la resistencia a la compresión.
- El aceite de linaza no es muy económico, pero presenta un precio asequible.
- Posee buenas propiedades como material de pintura.

#### 3.8.5 Conclusión

Siendo las muestras con 10% de adición de aceite de linaza las que han presentado una mejor estabilización en el ensayo de sumersión, constituye el porcentaje óptimo para obtener muestras resistentes al agua.

Los resultados obtenidos con la adición 6 y 10% de este material presentaron un mejoramiento significativo en cuanto a resistencia (16% mayor que la muestra original sin estabilizar), pero se puede optimizar los resultados obtenidos con la adición de un estabilizador a base de fibras, ya que la resistencia a la compresión es uno de los factores esenciales contemplados en este estudio, y



es una condición fundamental dentro de los materiales destinados a la construcción.

Por tanto, al tener buenos resultados en resistencia a la compresión, retracción y estabilidad contra el agua en porcentajes de aplicación distintos, se considera que la adición de 6% de aceite de linaza es un porcentaje de estabilización óptimo, en caso que se dé prioridad a las propiedades de resistencia y retracción, por el contrario si se requiere obtener una estabilidad de la muestra contra la humedad y el agua, a más de una buena resistencia a la compresión y una retracción aceptable, se debe tomar como porcentaje óptimo un 10% de aceite de linaza. En conclusión el aceite resultó ser un material versátil ya que mejora las características de la tierra tanto a la resistencia a la compresión, retracción y resistencia al agua.

- i.154 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra de Linaza posterior al ensayo de rotura por compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.155 Gárate, L & Morales, J. (2016). Probeta para colocar el agua para ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.156 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Aceite de Linaza durante los primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.157 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Aceite de Linaza durante las tres primeras horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.158 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Aceite de Linaza a las seis horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.159 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Aceite de linaza a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [ ]. Cuenca, Ecuador.

### 3.9 Material de estabilización 9: Caseína

La caseína es un suero blanco amarillento insoluble en agua, se obtiene del cuajado de la leche y es una sustancia rica en proteínas. Durante siglos la caseína junto con otros elementos como sangre, estiércol y orina han sido utilizados como elementos de estabilización. Las propiedades de la caseína son más efectivas si se las mezcla con cal, pero además pueden ser utilizadas para mejorar la resistencia contra el agua de la tierra (5).



#### 3.9.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

El uso del suero de leche en la tierra no demostró una mejoría en ningún porcentaje de aplicación, obteniendo en todas las muestras una resistencia a la compresión menor a la original. El mejor resultado fue de un 10% de caseína, en la cual la resistencia disminuyó en un 7,44 % con respecto a resistencia de la tierra estándar sin ningún material de mejoramiento.

La mayor resistencia con la dosificación del 10 % también posee el menor peso de todas las mezclas realizadas lo que podría resultar benigno para el alivianamiento del barro sin sacrificar ampliamente la resistencia (t.30).

					+30
Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/ cm2	Promedio Kg/cm2	
3%					
1	224,90	222,83	28,00	28,67	
2	222,30		30,00		
3	221,30		28,00		
6%					
4	224,80	225,97	32,00	39,67	
5	228,30		38,00		
6	224,80		49,00		
10%					
7	215,40	215,57	45,00	47,67	
9	217,20		51,00		
9	214,10		47,00		





A pesar de ser un material que disminuye la resistencia del barro, se pudo observar que el aumento en la resistencia es proporcional al aumento de la cantidad de suero de leche.

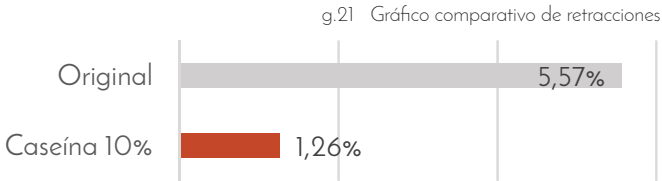


Algo importante es que las muestras fracasadas no se desintegraron posteriormente a la prueba a compresión, manteniendo muy bien su morfología, como se puede apreciar en la imagen i.163.



3.9.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

El ensayo de retracción demostró que los mejores resultados se obtienen al adicionar un 10 % de caseína al barro (t.31). La muestra original presentaba una retracción de 5,57% frente a la actual que presenta un 1,26%, disminuyendo la retracción un 4,31 % (g.21).



Muestra	Retracción %	Promedio %
3%		
1	0,00	1,40
2	2,20	
3	2,00	
6%		
4	1,78	1,33
5	1,40	
6	0,80	
10%		
7	1,20	1,26
9	1,80	
9	0,78	

i.160 S.n. (s.f). Caseína s.l. [Fotografía]. Recuperado de: <http://www.cambiatufisico.com/wp-content/uploads/caseina-suero.jpg>  
i.161 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Aceite de linaza a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.



### 3.9.3 Estudio y análisis de resultados de resistencia al agua

#### Análisis a los primeros treinta minutos

En los primeros minutos la tierra mezclada con caseína no presentó un deterioro notable a excepción de ligeros resquebrajamientos en las superficies (i.i165).



#### Análisis a las tres horas

En esta instancia se pudo observar la clara expansión de las muestras y la presencia de burbujas, esto sugiere la sustitución del aire atrapado entre los espacios intersticiales por agua del envase contenedor; con lo que se pudo llegar a la conclusión de que el agua penetró a la parte interna de las muestras, por lo que no es

buena la expectativa de obtener un aislamiento o una resistencia de las muestras contra el agua (i.i166).



#### Análisis a las seis horas

Es importante especificar que ya no existe la presencia de una gran cantidad de burbujas y en especial que el proceso de desintegración de las muestras por la acción del agua ha disminuido notablemente en el último lapso de tiempo. La morfología se ha mantenido similar a la de las tres horas con ligeros cambios en el aumento del volumen (i.i167).

#### Análisis a las veinte y cuatro horas.

A las veinte y cuatro horas se pudo observar que las dosificaciones al 6 y 10 % tuvieron una mejor resistencia al agua; debido a que estas lograron mantener gran parte de su morfología; en general las muestras presentaban una textura blanda tanto externa como

internamente, además de ser propensas al desmoronamiento ya que el agua penetró en zonas muy internas de las muestras (i.i168).





### 3.9.4 Características

- El suero de leche es un material que mejora notablemente la plasticidad del barro.
- Las muestras secas presentaron un buen aspecto debido a la casi nula presencia de fisuramiento y desprendimiento de aristas (i.162).
- Es un material de residuo de productos lácteos por lo que es fácil de conseguir y de bajo costo, además de que se lo podría conseguir en grandes volúmenes.

### 3.9.5 Conclusión

La caseína resultó ser un material que mejora la plasticidad y reduce el fisuramiento de la tierra, pero en cambio disminuye la resistencia a la compresión, por lo que es muy probable que con el pasar del tiempo existan problemas de desprendimiento.

La poca resistencia al agua que demostró la adición de suero de leche determinó que no es un material idóneo para revoque en este estudio, ya que aunque se pueda lograr una superficie homogénea, esta no resistirá a la humedad.

La resistencia a la compresión de este material se podría mejorar con el uso de cal y materiales fibrosos como cabuya o fibra de vidrio.

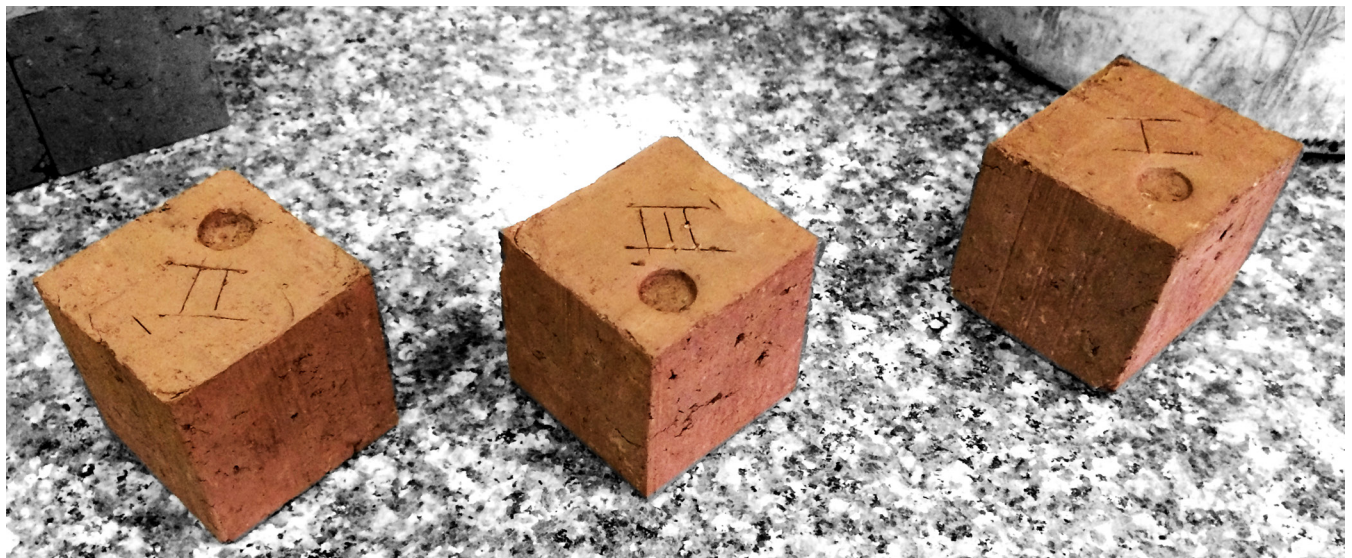
### 3.10 Material de estabilización 10: Orina de vaca

La orina al igual que otros materiales de origen animal se ha utilizado desde hace mucho tiempo como material estabilizador. La orina de animales como la de la vaca o el caballo se ha empleado como elemento de complemento para otros materiales como cal y estiércol, ya que de esta manera se puede potenciar las características de la misma. Al combinarse la orina con otros materiales de origen natural o mineral, se producen reacciones que generan compuestos que ayudan a mejorar prestaciones mecánicas como la resistencia a la compresión o flexión.

Para adaptarnos a la metodología impuesta para cada uno de los materiales de mejoramiento, se utilizará solamente orina para determinar de esta manera que características presenta como material individual (5).

- i.161 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Caseína proceso de mezclado [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.162 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Caseína luego del proceso de secado [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.163 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Caseína luego posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.164 Gárate, L & Morales, J. (2016). Ensayo de compresión en muestra 1 con caseína [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.165 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con caseína durante los primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.169



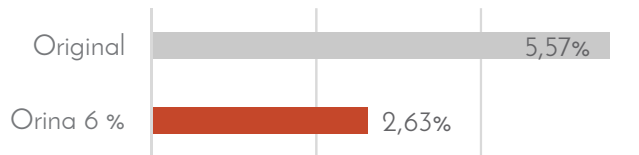




### 3.10.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

En general se puede observar (g.22) que las resistencias de las muestras con la adición de orina son menores a la muestra estándar en todos los porcentajes de aplicación, es decir que el aporte en cuanto a resistencia es nulo.

g.22 Gráfico comparativo de retracciones



Esto se debe a que la orina es un líquido que sola no permite una buena densificación de la tierra, por tanto a menor densidad menor resistencia. El déficit de resistencia a la muestra original sin materiales de mejoramiento es alrededor de 20 Kg/cm<sup>2</sup> (t.32).

t.32

Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/ cm2	Promedio Kg/cm2
3%				
1	202,80	202,09	30,00	31,00
2	203,40		34,00	
3	200,07		29,00	
6%				
4	203,90	205,85	38,00	35,00
5	209,87		26,00	
6	203,78		41,00	
10%				
7	196,41	197,16	37,00	32,67
9	197,81		33,00	
9	197,27		28,00	



i.170

### 3.10.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

Se puede notar que el índice de retracción en las muestras con adición de orina de vaca, presenta porcentajes de retracción bastante bajos en todas las muestras; pero en los porcentajes 6 y 3% la retracción se encuentra pareja, por lo que el resultado no varía circunstancialmente. En comparación con el porcentaje de la muestra pura, existe una mejora del 2,5% en el índice de retracción (t.33).

t.33

Muestra	Retracción %	Promedio %
3%		
1	2,72	2,63
2	2,68	
3	2,48	
6%		
4	3,6	2,53
5	0	
6	4	
10%		
7	2,92	3,07
8	2,98	
9	3,32	

i.166 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con caseína a las tres primeras horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.167 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con caseína a las seis horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.168 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con caseína a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.169 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con orina de vaca luego del proceso de secado [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.170 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con orina de vaca posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.171 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con orina de vaca durante los primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

### 3.10.3 Estudio y análisis de resultados de resistencia al agua

#### Análisis a los treinta minutos

La reacción de las muestras con la adición de orina presentaron una degradación casi instantánea. El desprendimiento de partículas de las superficies fue homogéneo para todas las muestras, es decir que al contacto con el agua todas las muestras se comportaron de manera similar (i.171).

i.171



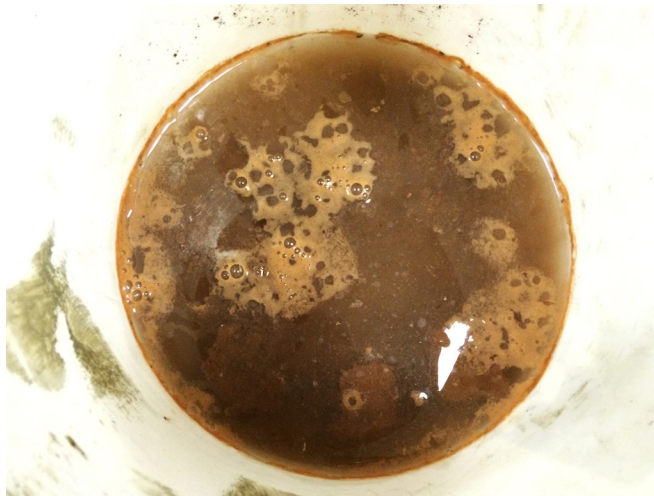
#### Análisis a las tres horas

Durante las tres primeras horas se notaron cambios drásticos en cuanto a morfología y fisonomía. El agua reacciono con las partículas de tierra generando una lechada color café, misma que

no permitió el fácil diagnóstico de las muestras bajo sumersión. A pesar de la dificultad de visibilidad una observación minuciosa mostro que solo las muestras con 10% mantuvieron parcialmente su forma.

Un fenómeno que no se dio en este caso fue la absorción de agua, por lo menos en un rango considerable, ya que el nivel se mantuvo casi integro, esto es un indicador de poca porosidad en las muestras (i.172).

i.172

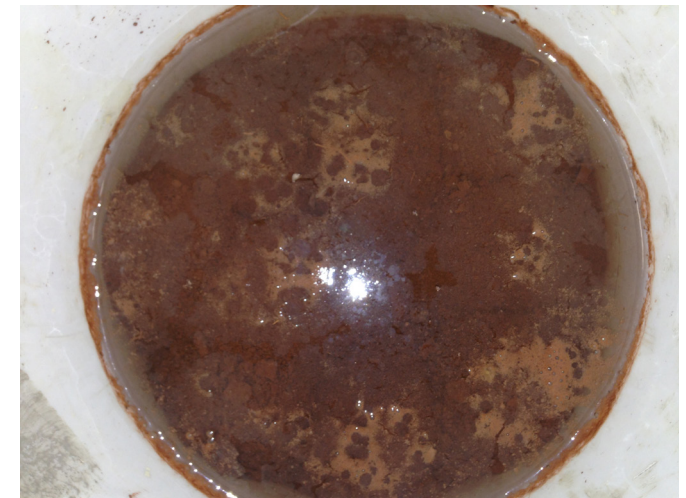


#### Análisis a las seis horas

A las 6 horas siguientes se puede apreciar que la desintegración de las muestras es casi total, no se aprecia con facilidad, pero por la densidad del líquido se puede ver que las muestras se deshicieron

en gran parte. En este punto las muestras carecen casi de forma y consistencia, todas tienden a ser semejantes a montículos (i.173).

i.173



i.172 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con orina de vaca a las tres primeras horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.173 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con orina de vaca a las seis horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.174 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con orina de vaca a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.175 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con orina de vaca a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.176 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con orina de vaca posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.





### Análisis a las veinte y cuatro horas

El análisis a las 24 horas confirma lo que fue notorio en la reacción inicial de las muestras con el agua, es decir que la orina en ningún porcentaje ayudo a la resistencia de las muestras en inmersión bajo agua. Todas las muestras después de 24 horas han conformado un solo montículo, ninguno deo rastros de la morfología inicial (i.174-i.175).

i.174



i.175



#### 3.10.4 Características

- Debido a la baja resistencia y densidad de la muestra presenta resquebrajamiento en las aristas, pese a que el aspecto físico del mismo es bueno; se observó además un fácil desprendimiento de partículas en todas sus superficies. Luego de ser sometidas a compresión las muestras se fisuran y desintegran con gran facilidad.

#### 3.10.5 Conclusión

Finalmente la orina no es un buen material de mejoramiento actuando de manera individual, ya que no se obtuvo mejora en ningún porcentaje de aplicación respecto a resistencia y contacto con el agua. Se comprobó por tanto que la orina no es un buen estabilizador si se lo trata de manera aislada, se debe realizar su aplicación con otros materiales de características similares para potenciar una buena complementación.

i.176





3.11 Material de estabilización 11: Melaza

La melaza es una sustancia que resulta de la cristalización del proceso de refinación del azúcar. Esta miel no cristizable es altamente viscosa y está compuesta por hidratos de carbono, sobre todo sacarosa en un 67%, además contiene glucosa y fructuosa, razón por la cual es muy rica en nutrientes, superando a la miel y hasta la misma azúcar refinada (14). La melaza es un buen estabilizante de la tierra y puede presentar mejores condiciones si se añade cal (Gernot, 2005, p.50). Este material debido a la cantidad de azúcares, mejora la cohesión y la resistencia del suelo.



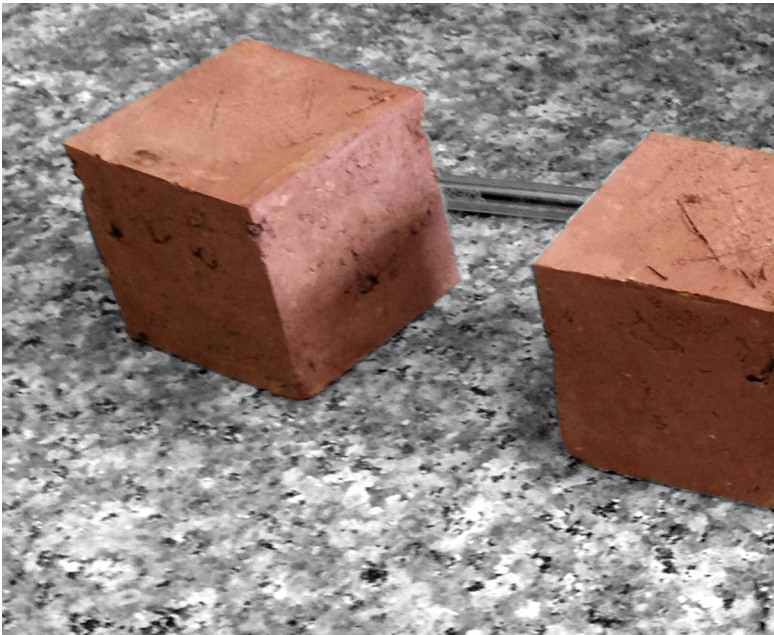
3.11.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

La resistencia de las muestras al 6% de melaza, presentan una mejora alcanzando un promedio de 63 Kg/cm2 (t.34), resistencia que es supera en un 23,33% a la muestra estándar, lo cual es una resistencia alta teniendo en consideración la ausencia de una fibra. El cambio en el aspecto físico luego de la rotura de cada muestra ligeramente notorio, debido a la presencia de pequeñas grietas en sus caras (i.184) y al nulo desmoronamiento de sus superficies laterales.

Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/ cm2	Promedio Kg/cm2
3%				
1	212,00	212,33	51,00	52,00
2	214,20		51,00	
3	210,80		54,00	
6%				
4	202,60	209,30	72,00	63,33
5	212,20		54,00	
6	213,10		64,00	
10%				
7	208,00	207,77	45,00	31,33
9	208,30		24,00	
9	207,00		25,00	

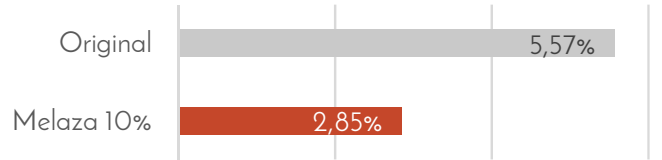
3.11.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

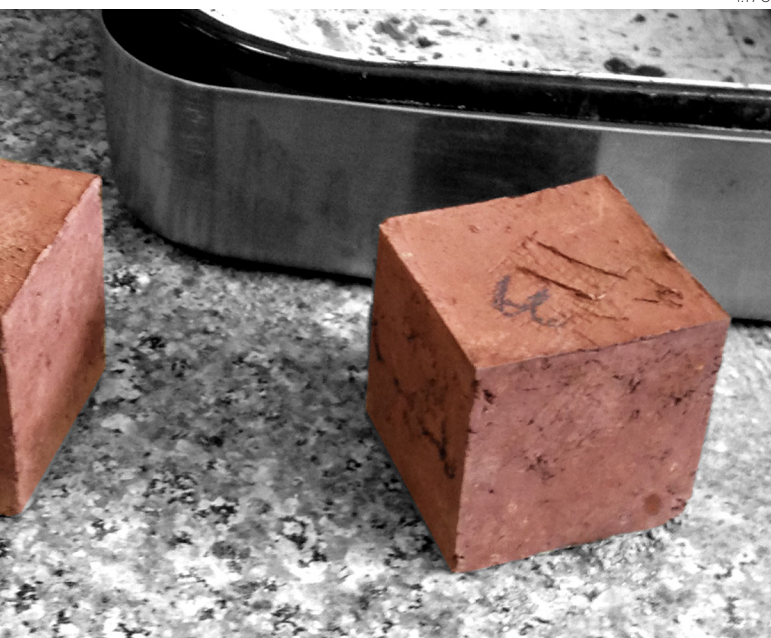
En lo que refiere a retracción el mejor resultado difiere de los porcentajes del ensayo de resistencia, siendo en este caso el 3% la adición optima de muestra. Pero en comparación con el 6% no existe gran diferencia (0,42%) por lo que el porcentaje de melaza podría oscilar entre el 3 y 6% con buenos resultados en cuanto a retracción (t.32).



Como se puede ver en el gráfico g.23, no se alcanza un mejoramiento significativo respecto a la muestra original.

g.23 Gráfico comparativo de retracciones





i.178

Muestra	Retracción %	Promedio %
	3%	
1	2,96	2,85
2	3,04	
3	2,56	
	6%	
4	3,12	3,27
5	2,92	
6	3,76	
	10%	
7	6,02	5,22
8	4,88	
9	4,76	

### 3.11.3 Estudio y análisis de resultados de resistencia al agua

#### Análisis a los treinta minutos

La adición de agua en los primeros minutos sobre las muestras de melaza no presenta reacción instantánea, es decir el aspecto de las mismas no se ve agredido por el agua.

i.180



i.177 S.n. (s.f). Melaza s.l. [Fotografía]. Recuperado de: [http://www.planetajoy.com/upload/image/600x6001370545159\\_endulzantes7.jpg](http://www.planetajoy.com/upload/image/600x6001370545159_endulzantes7.jpg)

i.178 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Melaza luego del proceso de secado [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.179 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Melaza luego del proceso de secado [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.180 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Melaza durante los primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.



i.179



Las muestras con porcentajes de adición de 3, 6 y 10% de melaza no presentan reacciones distintas, por lo que inicialmente se podría hablar de una resistencia homogénea al agua, misma que es buena debido a los carentes desprendimientos en aristas y superficies, caso que no sucedía en las otras muestras.

En este lapso de tiempo las muestras con melaza presentan los mejores resultados, cabe recalcar que también presentaron mejoras a la resistencia a la compresión.

#### Análisis a las tres horas

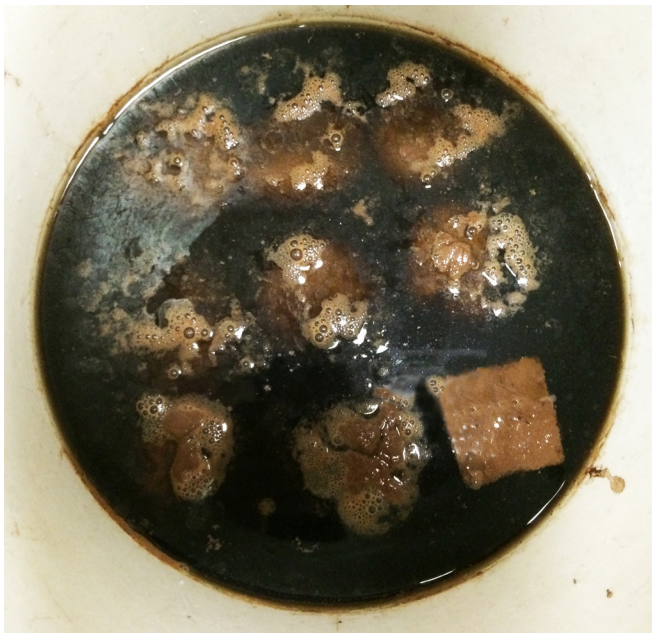
i.181



Por el aspecto y color del agua se deduce que la tierra y el líquido están reaccionando, por un lado se tiene el color café de fondo, mismo que es el resultado de la reacción del agua y la tierra, y segundo se percibe alrededor de las muestras un color negro, mismo que corresponde a una reacción entre el agua y la melaza (i.181). Tuvo que transcurrir más de una hora para que el agua penetre la superficie de los cubos, por lo que hasta este punto la melaza presenta un buen resultado como elemento de resistencia al contacto con el agua.

#### Análisis a las seis horas

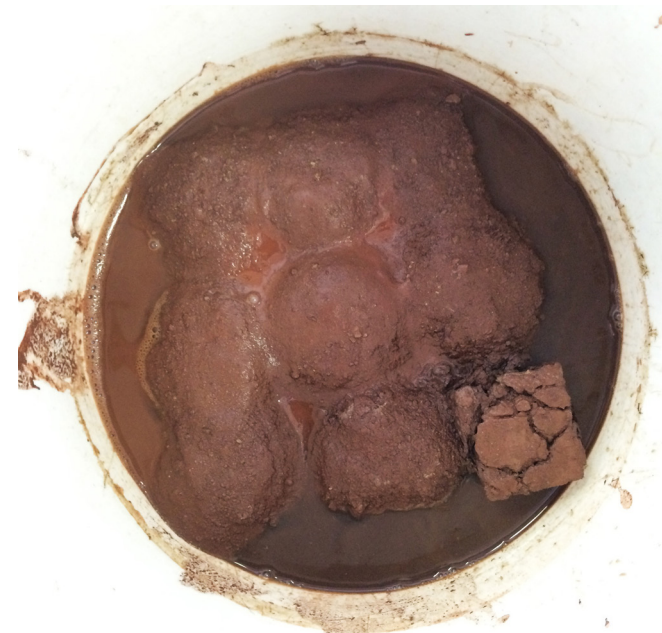
i.182



A las seis horas el cambio ya es notable, se puede ver como el agua se ha combinado con la melaza, y por tanto la ausencia de la misma dentro de cada muestra provoca que los cubos sean vulnerables al contacto con el agua, por lo que se puede apreciar un desprendimiento de partículas en superficies y aristas. La absorción de agua no es notable por la disolución de la melaza en esta solución (i.182).

#### Análisis a las veinte y cuatro horas

i.183







Se aprecia que con el paso de cada hora el desprendimiento de la melaza es más notable, ya que el color del agua se vuelve más oscuro. Solo una muestra se encuentra en pie, asomándose a la superficie, misma que corresponde a 10% de adición de melaza, presentando una morfología un tanto afectada y una fisonomía compuesta por grietas. El resto de las muestras parecen haber corrido con el mismo destino ya que todas ellas terminaron en montículos de forma y textura similar, sin lugar a duda fue la melaza el elemento que las mantuvo integra inicialmente, y por tanto la ausencia de la misma provocó la desintegración de los cubos (i.183).

#### 3.11.4 Características

- La adición de melaza en la muestra mostró una gran mejora en su trabajabilidad y compactación a mano (sin pisón), además se logró obtener un buen terminado posterior al secado, teniendo una mínima cantidad de fisuramiento y desprendimiento, además de aristas resistentes (i.178).
- La melaza puede funcionar como un estabilizador de resistencia al agua si se logra mantener la sustancia dentro de la mezcla, ya que la misma al ser soluble en agua, se desprende del suelo y se mezcla con la solución (i.180-i.184).

#### 3.11.5 Conclusión

La melaza como material de mejoramiento al contacto con el agua no fue excelente al finalizar el ensayo, ya que la sumersión

total y contacto constante de los cubos con el agua, terminaron desintegrando 8 de 9 muestras. Se puede rescatar este como material de mejoramiento si se evita que la melaza se desprenda de la tierra. Si se usa un material adicional como aceite de linaza o una fibra, es muy probable que el resultado de resistencia al contacto con el agua mejore, además que si se realiza una comparativa con la resistencia, la melaza es uno de los materiales con mejores resultados. Por tanto para su aplicación como material de mejoramiento, se concluye que el porcentaje óptimo de aplicación para obtener una buena resistencia a la compresión es 6%.

- i.181 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Melaza a las tres primeras horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
 i.182 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Melaza a las seis horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
 i.183 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras Melaza a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
 i.184 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Melaza posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.



i.184

### 3.12 Material de estabilización 12: Cal

La cal es un material de estabilizamiento ampliamente usado en la construcción en tierra, ya que sus aplicaciones van desde: pinturas, revoques, mejora de la resistencia al agua y compresión.

i.185



La cal es un producto que se obtiene de la piedra caliza a partir de un proceso de calcinación en hornos industriales o artesanales, de aquí depende la pureza de la misma y los resultados que se puedan obtener. Hoy en día la tradición calera se ha ido perdiendo poco a poco, ya que su producto ha sido sustituido por otros de origen industrial aparentemente mejores.

En la ciudad de Cuenca - Ecuador, hoy en día solo se puede encontrar cal industrial, ya que la gente que la fabrica ha abandonado este oficio, debido a políticas ambientales por parte del municipio. Se piensa comúnmente que el proceso de la obtención de la cal es muy contaminante, lo cual no es verdad, ya que la cal fija en sus partículas el CO<sub>2</sub> del ambiente, absorbiendo de esta manera el dióxido de carbono emitido durante su proceso. La cal al entrar en contacto con el aire inicia un proceso de endurecimiento llamado carbonatación, producto de la reacción con el dióxido de carbono, esto hace que la cal apagada empiece un proceso de endurecimiento progresivo, hasta convertirse nuevamente en piedra caliza.

i.186



Este material comúnmente no se usa de manera aislada, ya que en compañía de materiales como el cemento, caseína, estiércol, aceite de linaza, etc. se pueden obtener distintos resultados de estabilización. La cal como material individual es buena para suelos muy arcillosos, especialmente si están compuestos por montmorillonita. El proceso químico que da lugar entre la cal y la arcilla consiste en un intercambio de iones, que dan como resultado un sistema de aglomeraciones de partículas finas que evitan el ingreso del agua, a más de realizar un proceso de carbonatación que ayuda a mejorar la resistencia mecánica del suelo (5).

i.187



No existe un contenido óptimo exacto de cal para la aplicación en barro, ya que dependerá de diferentes características, por lo cual deberá ser investigado para caso en particular. Para obtener una





buena estabilización contra el agua la cal debe combinarse con estiércol o suero de leche (caseína). Existen dosificaciones que han dado buenos resultados, por ejemplo se puede aplicar “1 parte de cal en polvo mezclada con una parte de barro arenoso embebida en orina de caballo por 24 horas” (Gernot, 2005, p.50), se aprecia una reacción química de la mezcla de todos estos materiales, ya que se forman cristales finos. Para mejorar la resistencia se puede combinar cal con cemento, para la aplicación de estos elementos se deberá estudiar el tipo de arcilla, ya que la misma influirá directamente sobre los resultados, pudiendo ser estos positivos o negativos, de ello dependerá aumentar o reducir el porcentaje de aplicación de uno u otro material (5).

### 3.12.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

La incorporación de cal a la muestra no demostró ninguna mejoría en cuanto a la resistencia, este material redujo en un 21,68 % la resistencia con respecto a la obtenida en la muestra (sin materiales de mejoramiento).

t.36

Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/ cm2	Promedio Kg/cm2
3%				
1	220,50	224,73	39,00	33,33
2	225,60		33,00	
3	228,10		28,00	
6%				
4	228,70	227,07	36,00	33,67
5	226,00		39,00	
6	226,50		26,00	
10%				
7	226,30	226,70	36,00	40,33
9	227,90		43,00	
9	225,90		42,00	



i.188



i.189

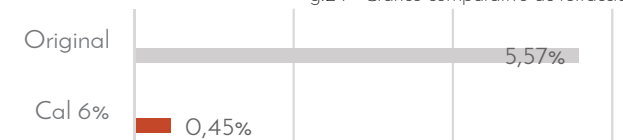
Un dato relevante es que la muestra fracasada tiene una notable desfragmentación, ya que la cal obtenida y aplicada de manera individual no resultó ser un buen material aglutinante.

Se puede notar que diferentes porcentajes de cal en el barro no cambian notablemente el peso de las muestras entre si, razón por la que la resistencia no difiere demasiado en los tres casos (t.36).

### 3.12.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

El resultado de la retracción demostró la disminución de un 5,12% en las muestras con un 6 % de cal con respecto a las muestras originales de tierra que presentaron una retracción del 5,57 % como se puede apreciar en el gráfico g.24 y en la tabla t.37.

g.24 Gráfico comparativo de retracciones



t.37

Muestra	Retracción %	Promedio %
3%		
1	0,78	0,91
2	0,96	
3	0,98	
6%		
4	0,20	0,45
5	-2,42	
6	3,58	
10%		
7	1,00	0,69
9	0,94	
9	0,12	



### 3.12.3 Estudio y análisis de resultados de resistencia al agua

#### Análisis a los primeros treinta minutos

En los primeros minutos de las muestras de tierra y cal se pudo observar una desintegración casi instantánea. La aparición de burbujas indica que el agua ha penetrado zonas interiores (i.190).

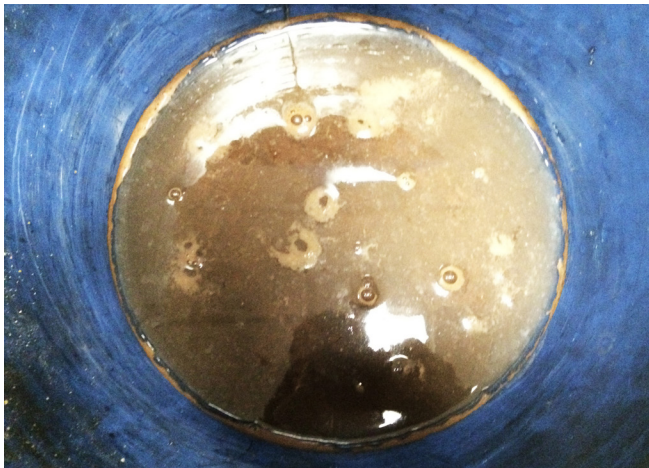
i.190



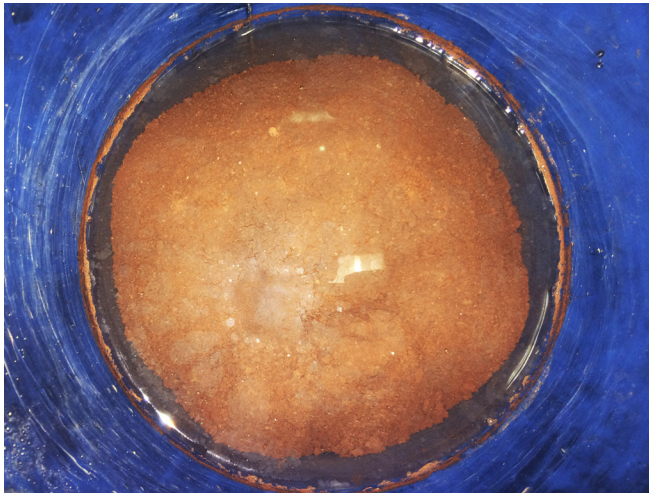
#### Análisis a las tres horas

Todas las muestras de cal han fracasado totalmente ya que se puede apreciar el colapso casi total de las muestras (i.191).

i.191



i.192



#### Análisis a las seis horas

Las muestras han fracasado ya que se pudo apreciar la expansión del lodo en todos los sentidos del balde (i.192).

#### Análisis a las veinte y cuatro horas

Al quitar el agua se pudo notar que se perdió totalmente la morfología inicial de las muestras (i.193), y solo se mantuvieron ligeras insinuaciones de la ubicación de estas, ya que las los cubos se deshicieron hasta conformar un solo montículo. En este caso el agua que se retiró no poseía una gran cantidad de suciedad ya que toda la tierra se había sedimentado en el fondo del envase.

i.193





#### 3.12.4 Características

- La cal existente en el mercado local es de origen industrial, la cuál no cumple de manera adecuada con las características necesarias para el estudio y por lo tanto no se pueden obtener los resultados esperados.
- La plasticidad resultante por la adición de cal en el barro no se vio mejorada notablemente.
- Las muestras secas presentaron fisuras e imperfecciones las cuales afectaron notablemente la resistencia de estas.
- Si se mezcla con otros materiales complementarios la cal resulta un estabilizante efectivo.

#### 3.12.5 Conclusión

La cal es un buen material estabilizante en la construcción en tierra, pero en las últimas décadas su demanda ha decaído, esto ha provocado la desaparición de la cal apagada artesanalmente, por lo que en el mercado actual solo se puede conseguir una cal industrial la cual es inferior por mucho a la cal artesanal.

Debido a su baja resistencia en los ensayos a compresión, se pudo determinar que este material no es óptimo aplicado individualmente para relleno o revoques en este espécimen; sumado a esto se puede mencionar su mal desempeño frente a la humedad en comparación con el resto de materiales analizados, mismos que presentaron mala resistencia contra el agua. Se podría mejorar estos resultados, ya que este es un estabilizante que trabaja en conjunto con otros materiales de complemento.

#### 3.13 Conclusión de estudio de dosificaciones 1

El primer estudio de dosificaciones para determinar las características de estabilización de cada material, demostró que no todos los elementos analizados son aptos para aplicarlos de manera individual. Algunas de las muestras analizadas no presentaron mejoramiento al combinarse con la tierra Santa Ana – Quingeo, por lo que necesitan un estudio más profundo que identifique la aplicación porcentual adecuada para su aplicación. Esta primera etapa tiene como objetivo realizar un proceso de tamizado de los mejores resultados de resistencia a compresión, retracción y resistencia al agua, por lo que este análisis permitirá determinar los materiales más idóneos en la estabilización del suelo escogido.

Por tanto ya identificados dichos materiales de propiedades optimas, se procederá a realizar un nuevo estudio de dosificaciones dobles, el cual incorpora dos fibras con los mejores resultados obtenidos en esta primera etapa, estos constituirán las bases de las nuevas combinaciones. Finalmente se podrá determinar la mejor fibra base, con sus correspondientes complementos.

i185 S.n. (s.f). Piedra caliza s.l. [Fotografía]. Recuperado de: <http://jmiche.es/tienda/img/p/1/1/7/117.jpg>

i186 Martel, J. (s.f). Los caleros de la Isla de Lanzarote. Lanzarote, Islas Canarias [Fotografía]. Recuperado de: <http://elchaplon.com/wp-content/uploads/2015/12/foto-caleros.png>

i187 S.n. (s.f). Horno de Cal s.l. [Fotografía]. Recuperado de: <http://www.aytorasines.org/sites/default/files/calero.jpg>

i188 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cal luego del proceso de secado [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i189 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cal luego del ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i190 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cal durante los primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i191 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cal a las tres primeras horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i192 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cal a las seis horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i193 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras Cal a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.



## 4 . E S T U D I O   D E   D O S I F I C A C I Ó N   2

### 4.1 Estudio de dosificación en base a la adición de 10% de Cabuya y 6% de Fibra de Vidrio

La aplicación de fibras en la tierra es de gran relevancia ya que estas ayudan al incrementar la resistencia de la tierra por medio de una red de conexiones y enlaces que constituyen un armazón interior de partículas interrelacionadas. La buena combinación de dos o más materiales de mejoramiento puede proveer mejores propiedades de resistencia, acabado, y durabilidad, siempre y cuando el porcentaje en el que estos se adicionan sean los apropiados para la muestra estándar (Santa Ana - Quingeo). Es así que el uso de distintos materiales puede potenciar ampliamente las propiedades de otro estabilizante o de la tierra misma, ya que a pesar de ser un material muy bondadoso, todavía se puede innovar ampliamente.

Según ensayos realizados anteriormente se logró determinar cuáles de todos los materiales ensayados son los mejores para el proceso de estabilización. En base a parámetros y prestaciones de resistencia a compresión, retracción y resistencia al agua, se pudo establecer los porcentajes óptimos de uso para cada material. Estas dosificaciones hacen referencia a la aplicación individual de cada material en la tierra. En el caso de la cabuya se llegó a la conclusión que para obtener una buena estabilidad se debe aplicar en una proporción de 10%, ya que se logró un incremento de resistencia a la compresión del 31% en relación a la muestra original de tierra Santa Ana - Quingeo (51.50 kg/cm<sup>2</sup>). Para la fibra de vidrio se aplicará un porcentaje de 6%, ya que esta presenta los mejores resultados.



i.194

El principio para los ensayos de dosificaciones se basa en los resultados obtenidos de los materiales de mejoramiento durante la primera etapa de esta investigación (capítulo 3). Se ha podido comprobar que el uso de fibras ya sean de origen natural o industrial mejoran la resistencia a la compresión, dando mejores propiedades mecánicas a las muestra de tierra estándar, por lo que se ha tomado como base usar las dos mejores fibras para realizar combinaciones con los mejores materiales de mejoramiento restantes, mismos que corresponden a aceite de linaza, melaza y guano.

En esta etapa, este estudio tiene como objetivo refinar las características de las mejores muestras ensayadas anteriormente. La cabuya y fibra de vidrio resultaron ser materiales superiores en comparación a las demás analizadas, por lo que se plantea utilizar estos dos elementos como las bases de un sistema de dosificaciones dobles, incorporando a la vez todos aquellos materiales de buenos resultados. Una mezcla entre tierra y fibras, junto con materiales complementarios para el mejoramiento como: melaza, aceite de linaza y guano (mejores resultado en la el estudio de dosificaciones 1), puede ayudar a mejorar todas las propiedades presentadas por la cabuya y la F. de vidrio, por lo que se realizará una primera combinación utilizando como parámetros de aplicación los mejores porcentajes de aplicación los respectivos materiales de estabilización a usar.

i.194 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio y Melaza luego del proceso de secado [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.





#### 4.2 Mezcla 1 : Fibra de Vidrio 6% melaza 6%

Esta nueva dosificación aplica en cantidades equivalentes los materiales correspondientes a melaza y fibra de vidrio, con lo cual se obtiene un 12% de material estabilizante, que supera por mucho a los recomendables, mismos que oscilan alrededor de 10%. La melaza obtuvo sus mejores resultados en la aplicación de 6%, por lo que en combinación con un material fibroso se podría mejorar ciertas propiedades deseadas para este estudio.

i.195



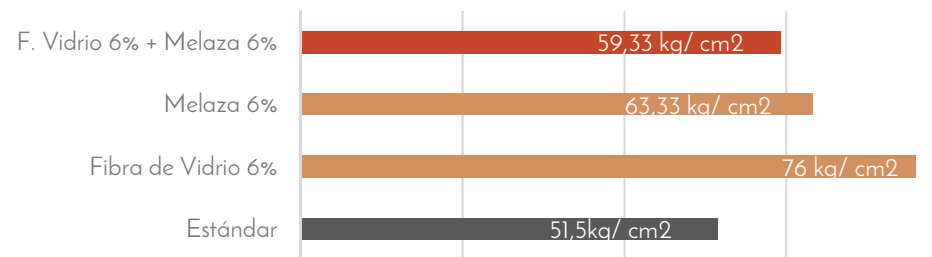
##### 4.2.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

Se puede apreciar que el avance de la muestra combinada (Tierra-Fibra de vidrio-Melaza) en respecto a la muestra de tierra estándar (sin material de mejoramiento) es del 15,20%, cantidad que es considerable. Si comparamos la muestra combinada (Tierra-Fibra de vidrio-Melaza) con las muestras de tierra aisladas

(Tierra-Melaza/Tierra-Fibra de vidrio) se aprecia claramente una gran diferencia en los porcentajes de aplicación, fenómeno que influye en los resultados de resistencia (g.25).

en este caso si se obtuvo una mejora, pero el mismo no supero a ninguna de las muestras individuales (g.25).

g.25 Gráfico comparativo de compresiones



Los porcentajes de estos materiales de mejoramiento suman el 12% (t.38) del total de la muestra de tierra, por lo que es razonable que la resistencia a la compresión no se potencie ampliamente, ya que se debería disminuir para mejores resultados.

La diferencia existente entre los resultados de las muestras de tierra con melaza y tierra con fibra de vidrio es relevante (g.25); por lo que podemos discernir que lo que incide en el resultado obtenido es el porcentaje de aplicación, seguido por las características del material de mejoramiento, ya que los estabilizadores individualmente alcanzaron mayores resistencias que esta nueva dosificación.

Se conoce que el porcentaje óptimo es 6%, por ende si se aplican dos materiales que posean buenos resultados pero se sobrepasa por mucho el límite, es probable que el resultado no sea favorable,

t.38

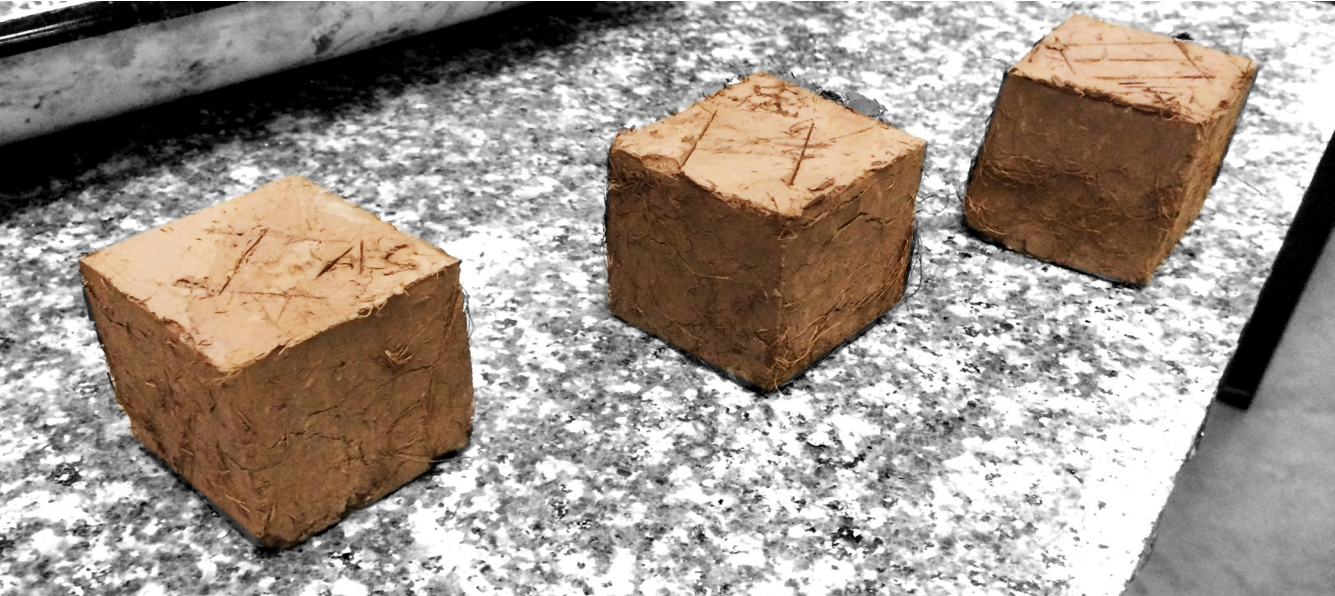
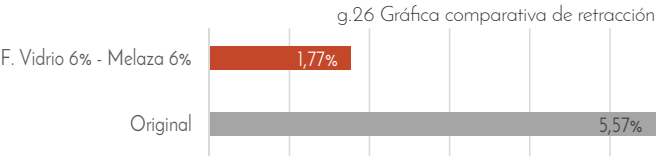
Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/ cm2	Promedio Kg/cm2
Fibra de vidrio 6% - Melaza 6%				
1	230,00	222,53	65,00	59,33
2	217,90		55,00	
3	219,70		58,00	

##### 4.2.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

La retracción es un factor importante dentro de las propiedades de un material destinado a la construcción, por lo cual es necesario buscar que este fenómeno tenga una baja incidencia. El resultado obtenido pudo mejorar en un 3,8% a la muestra original sin ningún material de mejoramiento (g.26). Si bien es cierto este no es el mejor resultado en retracción, pero es un factor aceptable para usar esta dosificación como relleno. Se puede resaltar la relación de los componentes de esta nueva dosificación respecto a su resistencia a compresión y retracción (t.39), ya que en ambos casos se supera a la muestra original, lo cual es favorable para el estudio.

t.39

Muestra	Retracción %	Promedio %
Fibra de vidrio 6% - Melasa 6%		
1	-1,02	1,77
2	4,16	
3	2,16	



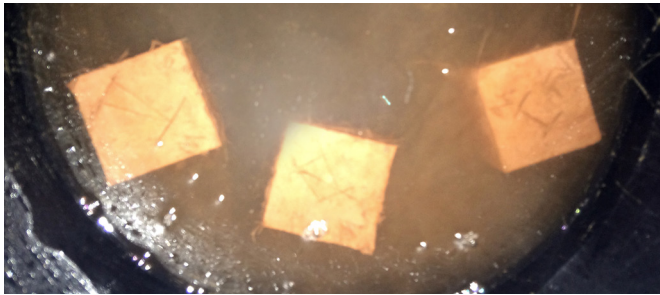
4.2.3 Análisis de resistencia al agua



Análisis a los primeros treinta minutos

Las muestras no presentan una reacción instantánea al contacto con el agua, presentando una resistencia inicial aparentemente buena (i.199). La coloración del agua cambio ligeramente, dejando de ser completamente translúcida, lo que indica que se ha desprendido pequeñas partículas de tierra en la solución. Se puede apreciar además la aparición de burbujas alrededor de las muestras, lo que indica el ingreso del líquido al interior de los cubos.





i.199

#### Análisis a las primeras tres horas

A las pocas horas del ensayo de sumersión se puede apreciar una notable acción del agua sobre las muestras, donde la tierra que conforma los bordes se ha desprendido para sedimentarse en el fondo del envase. El avance erosivo hasta el momento es considerable, siendo muy baja la resistencia al agua por parte de esta dosificación (i.200).

#### Análisis a las primeras seis horas

El cambio es notorio desde la última observación, ya que existe un mayor desprendimiento de partículas de tierra, a más de que la melaza de la muestra se ha disuelto en esta solución, fenómeno que se puede apreciar por la coloración más oscura del agua (i.201).

#### Análisis a las veinte y cuatro horas

Al día siguiente se puede ver que el desprendimiento continuo, pero de una manera menos acelerada, ya que la morfología de estas muestras difiere poco de las anteriores. En este lapso de

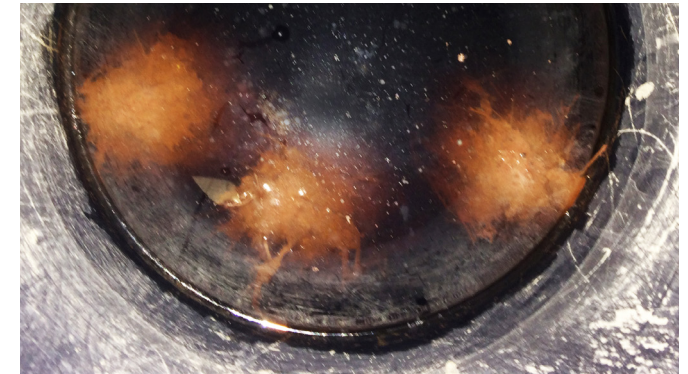


i.200

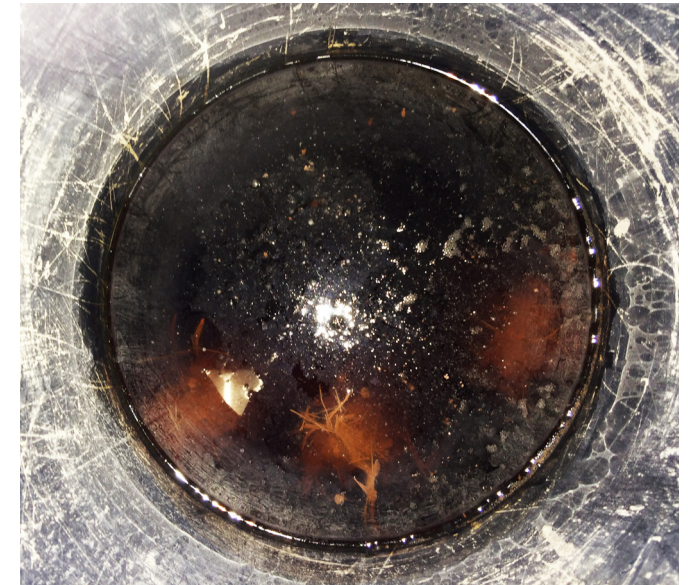
tiempo es muy notorio el desprendimiento de melaza, ya que la coloración del agua es bastante oscura, tendiendo a negro (i.202).

#### Análisis a los ocho días

Se puede ver la presencia de una costra en la superficie producto del desprendimiento de melaza y tierra, las muestras no han variado mucho desde la última observación, por lo que la desintegración se desacelerado, pero es claro que durante este lapso de tiempo la melaza ha continuado diluyéndose en el agua (i.203)



i.201



i.202

i.203



#### 4.2.4 Conclusión

Se ha podido identificar que la dosificación optima de material de mejoramiento en la mayoría de materiales ensayados en una muestra de tierra que oscila entre  $\pm 6\%$ . Como se analizó anteriormente el porcentaje total aplicado en este caso es del 12%, por lo cual suponemos se podría mejorar los resultados en ambos campos si se aplica una nueva dosificación, que reestructure los porcentajes de aplicación, de tal manera que se disminuya la aplicación de estabilizante en base a los mejores porcentajes antes obtenidos, ya que los resultados de esta dosificación no presentaron las mejoras deseadas.

i.204



i.195 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio y Melaza luego del ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.196 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio y Melaza luego del proceso de secado [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.197 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio y Melaza luego del ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.198 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Melaza 6% previo al ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.199 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Melaza 6% durante los primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.200 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Melaza 6% a las tres primeras horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.201 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Melaza 6% a las seis horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.202 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Melaza a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.203 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Melaza a los ocho días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.204 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Melaza luego de retirar el agua a los ocho días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.





#### 4.3 Mezcla 2 : Fibra de Vidrio 6%, Aceite de Linaza 6%

Otro material que presento buenos resultados en los diferentes ámbitos requeridos para este estudio fue el aceite de linaza.



Las características y resultados de estabilización de este material son buenos para realizar una dosificación que se incorpore a la fibra de vidrio, de tal manera que se puedan conjugar dos materiales de composiciones distintas, uno que regula levemente el agua interior y ayuda a mejorar la resistencia combinado con otro que dota de propiedades impermeables y permite una buena cohesión. Las muestras a ensayarse en su composición total tendrán un porcentaje de aplicación de 12% entre las dos muestras.

##### 4.3.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

La combinación de Tierra, Fibra de Vidrio y Aceite de Linaza no dieron buenos resultados, debido a que la resistencia que se obtuvo con esta composición fue menor a las muestra de tierra estándar y a los resultados obtenidos individualmente por el A. de linaza y Fibra de Vidrio. En comparación, la muestra combinada frente a la tierra sin material de mejoramiento, dio resultado negativo de 13,26% como se aprecia en el gráfico g.26.

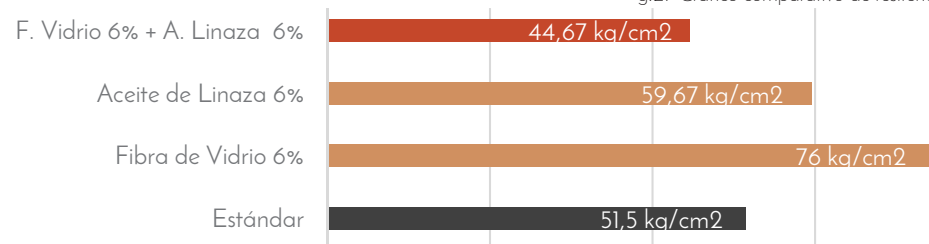
que la cantidad de material de mejoramiento que se aplique inferirá en el resultado de resistencia a la compresión.

Si se tiene un total de un 12% de muestra combinada (Tierra-Aceite de Linaza-Fibra de Vidrio), misma que al superar el porcentaje óptimo de 6%, es evidente que presentará malos resultados de resistencia a la compresión, en este caso se obtiene un resultado negativo

Los ensayos de muestra combinada (ver tabla t.40) en comparación con la muestra estándar sin material de mejoramiento, presentaron una disminución exacta de menos 13,26% respecto a la muestra estándar, es decir que el aporte de los materiales de mejoramiento respecto a la muestra original es nulo.

Podemos confirmar con este fenómeno que el uso de un material adicional para mejoramiento es un arma de doble filo, debido a que si no se conoce la correcta aplicación de los porcentajes

g.27 Gráfico comparativo de resistencias



Las muestras con aplicación de los mismos materiales de mejoramiento de manera individual, presentaron mejores resultados en los dos casos (g.26). Nuevamente podemos discernir

de material de mejoramiento pueden no dar ningún aporte al material original, sino más bien pueden resultar perjudiciales para el mismo.

i.206

t.40

Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/ cm2	Promedio Kg/cm2
Fibra de vidrio 6% - Aceite de linaza 6%				
4	215,50	216,20	58	44,67
5	216,40		36	
6	216,70		40	



4.3.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

El resultado obtenido con la dosificación de Tierra con 6% de A. de Linaza y 6% de F. de Vidrio fue mejor que la dosificación anterior con de Fibra y Melaza, pero presenta una desventaja debido a que el resultado de resistencia a la compresión fue inferior a la muestra original (g.28).

F. Vidrio 6% - Aceite de linaza 6%

Original

1,20%

5,57%

g.28 Gráfico comparativo de retracciones

i.209

t.41

Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/ cm2	Promedio Kg/cm2
Fibra de vidrio 6% - Aceite de linaza 6%				
4	215,50	216,20	58	44,67
5	216,40		36	
6	216,70		40	

4.3.3 Análisis de resistencia al agua



Análisis a los primeros treinta minutos

Al colocar el agua en el envase se pudo apreciar el desprendimiento de algunas partículas de tierra sujetas a los filamentos sueltos de la fibra de vidrio, a más de la aparición de una fisura en el cubo número 1. Durante los primeros minutos aparte de la reacción inicial no se vio ninguna afectación considerable por parte del agua

ya que se mantuvo limpia sin contaminarse de ninguna manera con la tierra de las muestras sumergidas.

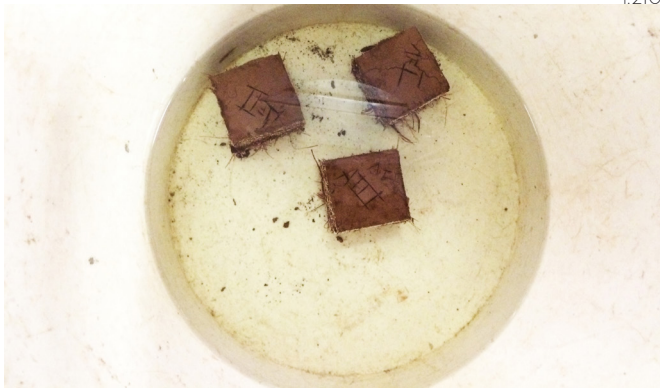






### Análisis a las primeras tres horas

No se aprecia cambios significativos desde la anterior examinación, ya que el color y transparencia del agua es la misma, de igual manera las muestras no han aumentado sus dimensiones por hinchamiento, y tampoco se aprecia un aumento en la estela de sedimentación. La única variable presentada en este periodo es la aparición de pequeñas burbujas en las superficies laterales de los cubos debido una pequeña infiltración de agua en las muestras (i.210).



### Análisis a las primeras seis horas

A las seis horas de ensayo de sumersión se puede notar un pequeño aumento de partículas en el fondo, las cuales a diferencia de los ensayos anteriores tienen una apariencia de arena ya que parecen estar encapsulados, esto provoca que no manchen el agua, manteniéndose limpia y transparente. Se puede notar además que la fisura que surgió en los primeros minutos se agrandó, pero las muestras se mantienen morfológicamente bien. La fisuración hasta el momento solo se ve acentuada en una de dos muestras (i.211)



i.211

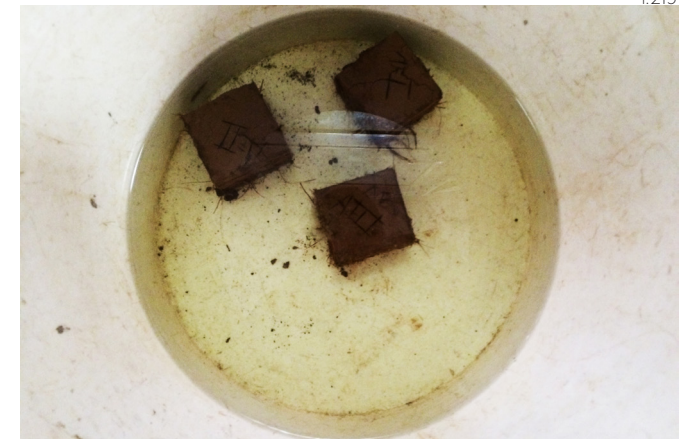
i.212

### Análisis a las veinte y cuatro horas

Las muestras desde las 6 horas hasta este momento han presentado un proceso de estabilización, ya que la degradación es casi nula, al contrario se puede apreciar la desaparición de las burbujas en las superficies de los cubos, lo que indica que posiblemente el agua ya saturó los espacios intersticiales de las muestras, provocando una mayor resistencia bajo el agua (i.212).

### Análisis a los ocho días

Ocho días más tarde se puede notar que las muestras no han presentado una variación en su morfología y fisonomía. El hinchamiento en las muestras es casi nulo, lo cual se puede constatar ya que el nivel de agua se ha mantenido constante. La sedimentación de partículas es aparentemente la misma de la última observación, lo cual indica que las muestras han logrado una excelente estabilización contra el agua hasta el momento, por lo que es necesario dar curso por más tiempo al ensayo (i.213).



i.213

### Análisis a los ciento treinta y ocho días

Los días siguientes luego de la primera semana del ensayo de sumersión, indicaron en múltiples observaciones y análisis que las muestras no presentaban ningún cambio. Las muestras mostraron ausencia de sedimentos, cambios morfológicos y fisonómicos, inclusive el agrietamiento surgido en los primeros minutos se ha mantenido estable desde entonces. Esta dosificación además no ha permitido la aparición de hongos, lo cual con la melaza surgía a partir de los primeros días. El único cambio aparente en esta dosificación es un ligero cambio de tonalidad del agua, lo cual puede ser por el aceite de linaza, o posiblemente por el tiempo que han estado sumergidas las muestras. Durante este periodo el nivel de agua iba disminuyendo, debido a que la misma se secaba lentamente, por lo que era necesario ir compensando el nivel cada cierto tiempo. Debido a los tiempos de realización del estudio se dará por terminado este ensayo debido a que las muestras se han estabilizado y no presentan mayores variaciones con el paso del tiempo.

i.214



### 4.3.4 Conclusión

Los resultados obtenidos con esta dosificación han sido por una parte más que satisfactorios, ya que se obtuvo una excelente dosificación estabilizante contra el agua, la cual permitió a las muestras estar por más de cuatro meses sumergidas sin cambios considerables; por otro lado los resultados obtenidos en cuanto a resistencia a la compresión no fueron los esperados, ya que no se logró superar ni igualar a la muestra estándar sin material de mejoramiento. En cuanto a retracción los resultados no son los mejores pero son aceptables.

Se ha podido identificar que la dosificación óptima de material de mejoramiento en la mayoría de materiales ensayados oscila entre  $\pm 6\%$ , en este caso el porcentaje aplicado es del  $12\%$ , por lo cual se podría mejorar los resultados en resistencia y retracción si se aplica una nueva dosificación que reestructure los porcentajes de aplicación, disminuyendo la cantidad de estabilizante en base a los mejores porcentajes antes obtenidos, siempre y cuando no se pierda la propiedad de resistencia al agua adquirida en esta dosificación, ya que la misma es excelente para revoques que estén en relación constante con el agua.

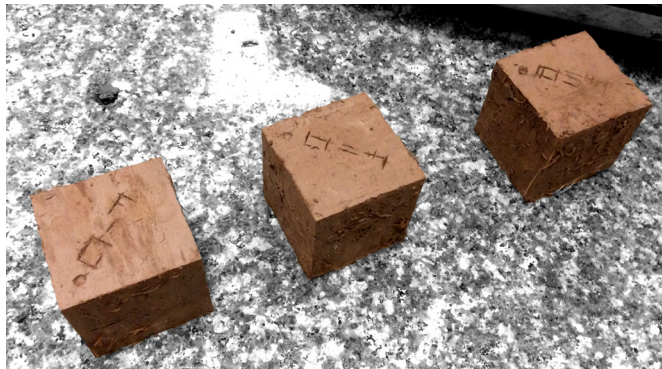
- i.205 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Aceite de Linaza 6% previo al ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.206 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Aceite de Linaza 6% posterior al ensayo compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.207 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Fibra de Vidrio 6% y Aceite de Linaza 6% posterior al ensayo compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.208 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Aceite de Linaza 6% durante los primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.209 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Aceite de Linaza 6% previo al ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.210 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Aceite de Linaza 6% a las tres primeras horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.211 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Aceite de Linaza 6% a las seis horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.212 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras Aceite de Linaza a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.213 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Aceite de Linaza 6% a los ocho días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.214 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Aceite de Linaza 6% a los 138 días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.215 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Guano 6% previo al ensayo compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.





#### 4.4 Mezcla 3 : Fibra de Vidrio 6%, Guano 6%

Al ser el guano un material que ha funcionado a lo largo de la historia, se decidió usarlo para buscar mejorar sus propiedades con la adición de fibras, para este caso se combinara con la Fibra de Vidrio.



##### 4.4.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

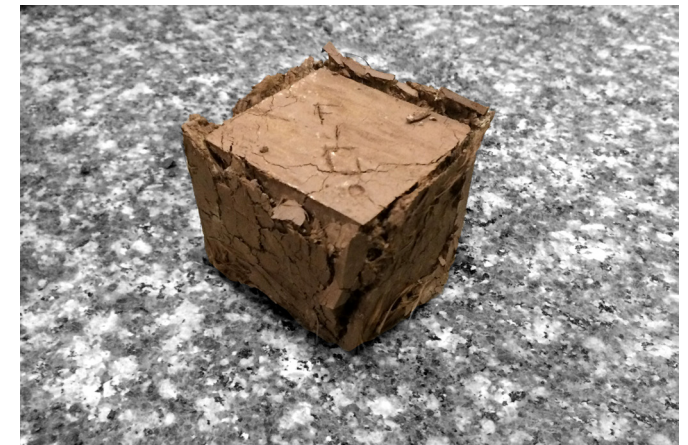
La resistencia a la compresión dada por la muestra de tierra solamente con Guano no superó a la muestra de tierra original, presentando un resultado por debajo de la muestra estándar (-13,26%). La fibra de vidrio como se mencionó anteriormente supera ampliamente a la muestra original. Al realizar una nueva muestra que combine Tierra, Fibra de Vidrio y Guano, se podría suponer que gracias a que uno de sus materiales se supera considerablemente a la muestra sin material de mejoramiento, esta

podría hacerlo también, pero al no ser el porcentaje adecuado podría resultar perjudicial.

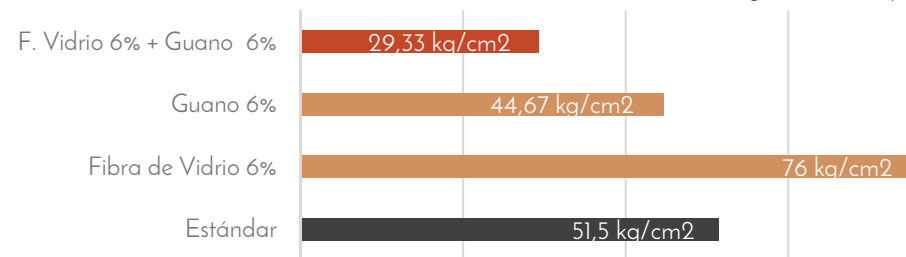
La muestra combinada de fibra de vidrio y guano de igual manera que los ejemplos anteriores suman un porcentaje total de material de mejoramiento de 12%, al igual que las muestras anteriores, las cuales superaron o se aproximaron a la resistencia obtenida por la muestra estándar, pero en el caso de esta nueva combinación se tiene que la resistencia alcanzada se encuentra en un 43,04% (ver gráfico g.29) por debajo de la muestra original, resultado que en comparación con los dos ejemplos anteriores es muy bajo (t.42).

Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/ cm <sup>2</sup>	Promedio Kg/cm <sup>2</sup>
Fibra de vidrio 6% Guano 6%				
7	223,20	221,50	25	29,33
8	220,80		24	
9	220,50		39	

suponía iba a dar un buen resultado en este ensayo, pero al tener un exceso de estabilizante los resultados fueron desfavorables.



g.29 Gráfico comparativo de compresiones



Al ser el guano la única constante que varía en cada uno de los ejemplos anteriores, podemos comprender que es este el causante de que la resistencia a la compresión de este nuevo ensayo sea baja. El guano al componerse por fibras trituradas de hierba se

En base a las dosificaciones con mejores resultados en pruebas con un material de mejoramiento se puede coincidir que el 6% es un porcentaje óptimo. Se puede mejorar el porcentaje de aplicación para obtener buenos resultados, ya que se conoce en base a los

ensayos de la dosificación 1, los cuales son porcentajes que dan buenos resultados.

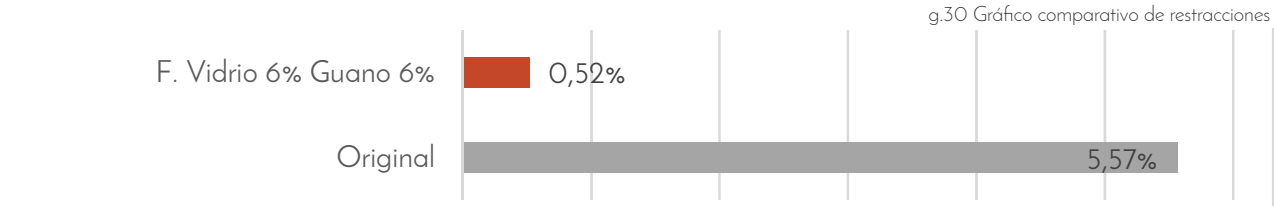


4.4.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

El mejor resultado de reducción en la retracción se obtuvo en esta dosificación (t.43), por lo que se puede discernir que el material que reduce ampliamente este factor es el Guano. La desventaja encontrada en esta dosificación esa relación que tiene la retracción con la resistencia a la compresión, ya que la misma bajó en 43% la resistencia respecto a la muestra original.

i.217

Muestra	Retracción %	Promedio %
Fibra de vidrio 6% Guano 6%		
7	1	0,52
8	0	
9	0,56	



4.4.3 Análisis de resistencia al agua

Análisis a los primeros treinta minutos

Las muestras en contacto con el agua en los primeros minutos muestran ligeros desprendimientos de partículas de tierra, las cuales son muy pocas. La morfología y fisonomía no se ha visto afectada, por lo que presentan una buena estabilidad inicial (i.218).



Análisis a las primeras tres horas

Durante este lapso de tiempo se pudo ver un progresivo desgaste de los cubos, apreciándose una estela de sedimentos alrededor de las mimas. El desprendimiento de partículas se acentúa en las superficies laterales, quedando a la vista los filamentos de fibra de vidrio (i.219)



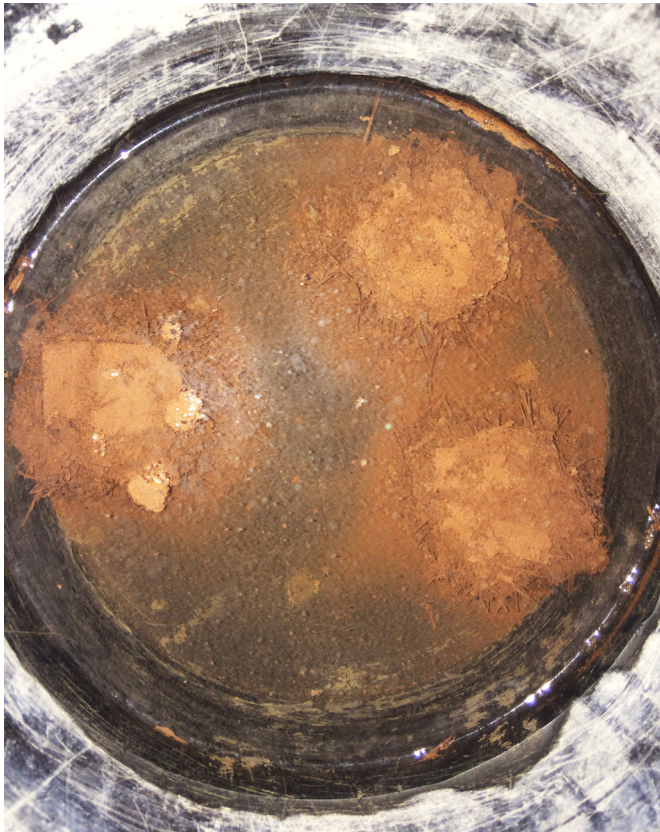




### Análisis a las primeras seis horas

El radio de sedimentación en el fondo del envase ha aumentado considerablemente, y junto con esto se ha producido un incremento de la degradación de las muestras.

i.220



La forma de las mismas ha variado hasta convertirse en un montículo sin aristas con gran cantidad de filamentos visibles en la superficie. Los dos cubos restantes presentan una menor afectación, pero no menos grave que la anterior. Se puede apreciar que pese al desprendimiento de partículas el agua no ha cambiado su tonalidad y transparencia (i.220).

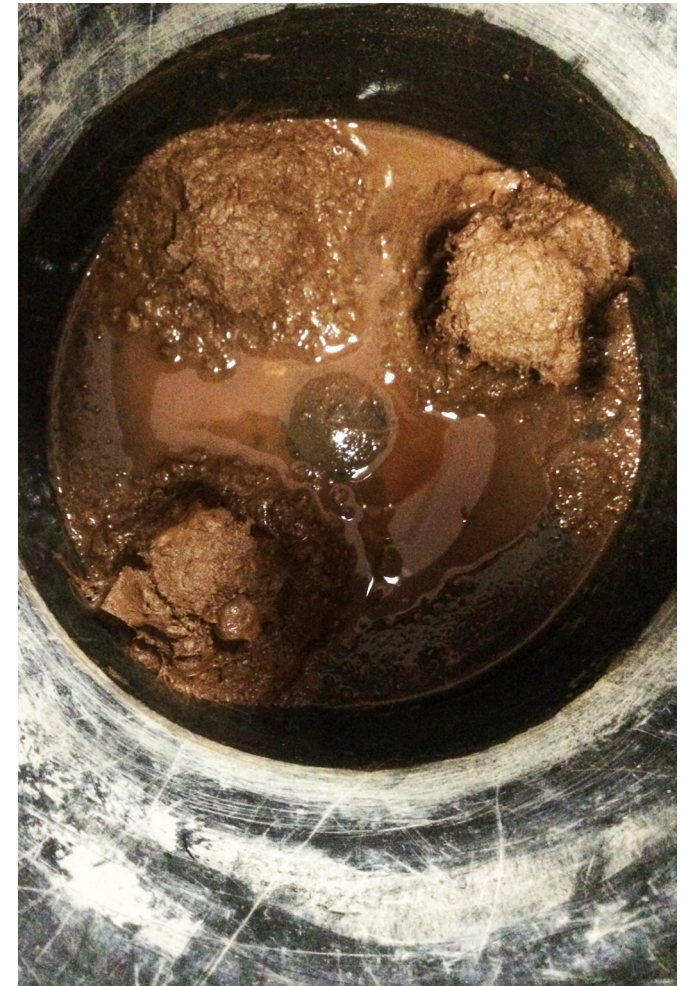
### Análisis a las veinte y cuatro horas

A partir de la última observación se nota que la velocidad de degradación ha disminuido, ya que las muestras presentan desprendimiento de partículas, pero no difieren por mucho de la última observación. Al igual que en el análisis de las seis horas, el agua no presenta cambios (i.221).

i.221



i.222



### Análisis a los ocho días

En esta etapa es más fácil apreciar la degradación de las muestras, se puede ver que el proceso erosivo actuó de manera similar en los cubos, notándose solamente en una de las tres muestras un desmoronamiento casi total de la cara superior y por consiguiente un área de sedimentos mayor. Esta dosificación dio una ligera resistencia al agua, pero la misma no perduró a lo largo del periodo de sumersión, ya que su desintegración fue progresiva.

#### 4.4.4 Conclusión

El uso de guano si bien es cierto no presenta una mejora en su resistencia, pero sus resultados no son del todo malos ya que se encuentran dentro del rango permisible de resistencia para construcciones en tierra (5). En cuanto a resistencia, retracción y resistencia al agua, se no consiguieron resultados favorables, por lo que para este estudio esta dosificación no es factible.

i.216 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Fibra de Vidrio 6% y Guano 6% posterior al ensayo compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.217 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Guano 6% posterior al ensayo compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.218 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Guano 6% durante los primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.219 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Guano 6% a las tres primeras horas del ensayo de sumersión

[Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.220 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Guano 6% a las seis horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.221 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Guano 6% a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.222 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Fibra de Vidrio 6% y Guano 6% a los ocho días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

### 4.5 Conclusión general del uso de la Fibra de Vidrio

De las tres muestras de dosificaciones mixtas que involucran a la Fibra de Vidrio, solo una superó la resistencia a la compresión de la muestra estándar, pero no por mucho, obteniendo dos muestras con resultados inferiores, como se puede apreciar en el cuadro comparativo de resistencias g.31. Las tres muestras presentaron una mejoría en cuanto a retracción (gráfico g.32), por lo que el reto que se tiene, es mejorar la resistencia a la compresión. En el caso de la muestra que involucra al guano se podría tratar de mejorar la resistencia, ya que al tener un factor tan bajo de retracción podría ser un aspirante para generar un buen revoque (disminución de figuraciones).

En cuanto a resistencia al agua dos de tres muestras presentaron una resistencia leve al contacto con el agua, terminando las mismas al cabo de ocho días parcialmente destruidas, la muestra restante con dosificación de 6% de Fibra de vidrio y 6% de Aceite de Linaza, presentó una resistencia extremadamente buena, ya que la misma permaneció parcialmente intacta por más de cuatro meses, donde se las sacó de los envases de ensayo por motivos de tiempo, la desventaja que presenta esta dosificación es que el exceso de fibra, lo que no permite mantenerla del todo al interior, aflorando siempre filamentos en las superficies.

La fibra de vidrio como material de mejoramiento a más de dar buenos resultados de resistencia, es un material económico y de fácil adquisición. Esta es la primera mejor fibra seleccionada, debido a sus resultados como material de aplicación individual. Durante la realización de muestras, esta fibra presentó problemas



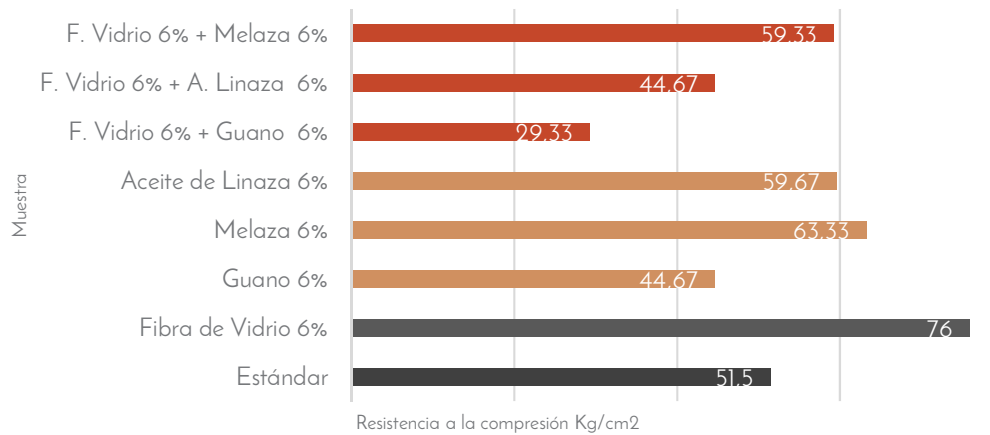


de manipulación, ya que la misma requiere riguroso cuidado por ser potencialmente peligroso para la salud (12).

un posible causante de diversas afecciones a la salud entre ellas enfermedades cancerígenas (12).

todo elemento que agrede a la salud. La fibra de vidrio en base a lo analizado e investigado es un posible material que puede provocar afectaciones a la salud, por lo cual si no se logra eliminar dichos potenciales peligros deberá ser descartada.

g.31 Gráfico comparativo de compresión



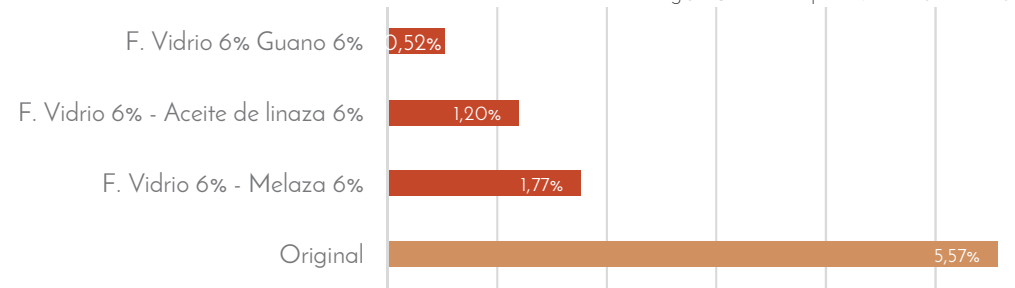
En comparación con fibras naturales, la fibra de vidrio las supero considerablemente, llegando a mejorar en 10,92% a la segunda mejor fibra (cabuya). Una ventaja fue que la dimensión de las fibras no requirió manipulación ya que el largo de las mismas se encontraba alrededor de 6cm. El largo de las fibras ayudo a incrementar la resistencia, a más de que se mezclo con gran facilidad con la tierra.

Pero no es de todo conveniente el uso de este material, debido a que según estudios realizados se ubica a este material como

En los ensayos se pudo observar que a pesar de obtener un buen terminado, el apareamiento de material de fibra de vidrio en las superficies es inminente con el transcurso del tiempo (como se pudo apreciar en los ensayos con uso de cabuya), lo que podría ser peligroso para la salud de los individuos que esten en constante contacto con este material.

Al ser uno de los propósitos de este estudio la búsqueda de un material benéfico para la salud de sus usuarios, se tiende a eliminar

g.32 Gráfico comparativo de retracciones



4.6 Mezcla 4 : Cabuya 10%, aceite de linaza 6%

Los ensayos realizados con aceite de linaza presentaron buenos resultados en cuanto a estabilización de resistencia a la compresión simple y resistencia al agua, por lo que son candidatos idóneos para este segundo estudio.



Los mejores resultados de resistencia a la compresión y resistencia al agua se obtuvieron con los porcentajes de adición de 10 y 6% de material respectivamente. La aplicación de 10% de aceite de linaza manifestó una ligera diferencia en cuanto a resistencia al agua, notándose una mejor estabilidad con esta adicción.

La base de este estudio será la cabuya a 10%, por lo que se

optara por usar un 6% de aceite de linaza, ya que aplicar un 10% (mejor porcentaje de aplicación) adicional daría como resultado una cantidad excesiva de estabilizante, lo que resultaría perjudicial para las propiedades de las muestras.

4.6.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

El uso de aceite de linaza combinado con cabuya demostró una disminución considerable frente a las muestras de tierra con y sin materiales de mejoramiento (t.44 ,g.33). La baja en la resistencia de esta dosificación, se debe a al excesivo porcentaje de aplicación de estabilizante, así mismo este porcentaje de cabuya y aceite de linaza evitaron la fisuración o rompimiento luego del ensayo (i.223, i.225).

Al igual que en el ensayo anterior, luego de la rotura en la prensa, se pudo apreciar una compresión de la muestra sin que esta se desintegrara, ya que la cabuya actuó como elemnto de refuerzo, uniendo las partículas de tierra luego del fracaso de la misma.

t.44

Muestra	Peso Inicial	Promedio (g)	Resistencia Kg/cm2	Promedio Kg/cm2
Cabuya 10% - Aceite de linaza 6%				
4	217,20	217,77	43	47,00
5	214,70		51	
6	221,40		47	

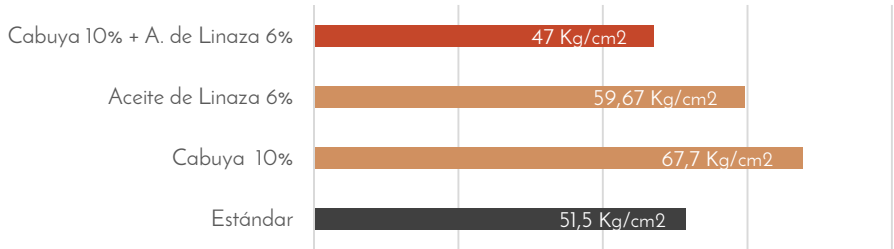
t.45

Muestra	Retracción %	Promedio %
Cabuya 10% - Aceite de linaza 6%		
4	0	0,47
5	0	
6	1,4	

4.6.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

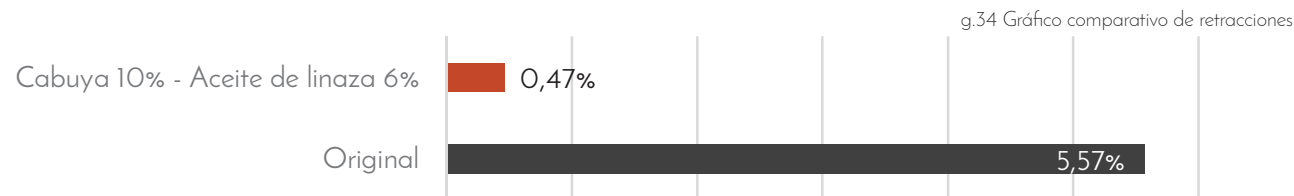
Es preciso mencionar que esta mezcla entre cabuya y aceite de linaza redujo considerablemente la retracción, haciendo que la misma tienda a cero por ciento (t.45).

g.33 Gráfico de comparativo de compresiones



Como se puede observar en el gráfico g.34 se pudo conseguir una mejora de más de 5% respecto a la retracción obtenida por la muestra estándar, lo cual es bastante bueno, ya que se encuentra bajo 1%, mismo que es un porcentaje óptimo.





Este excelente resultado se debe a que la fibra de cabuya ayuda a regular el agua al interior de la muestra, por otro lado el aceite de linaza permite una mayor cohesión y da un grado de impermeabilización permitiendo mejorar la retracción.

i.224



#### 4.6.3 Análisis de resistencia al agua

i.225



Análisis a los primeros treinta minutos

Al iniciar el ensayo de sumersión se puede notar que no existe ninguna reacción entre el agua y las muestras con aceite de linaza. La textura y color de las superficies no cambio al instante, lo que indica que el agua no penetró en las muestras de manera inmediata.

La transparencia del agua tampoco se vio afectada (i.226). Al realizar la medición de las muestras se puede ver que no existe aún un proceso de hinchamiento por absorción de agua, por lo que se puede decir que inicialmente las muestras con aceite de linaza presentan una excelente estabilización.

i.226



Análisis a las primeras tres horas

Transcurrida tres horas se puede ver que una de las tres muestras presenta un agrietamiento en su cara superior, acción provocada por del hinchamiento, ya que la misma cambió levemente su dimensión. El desmoronamiento y desprendimiento de partículas de tierra es mínimo y es solo visible en un la muestra marcada con número IV (i.227).



i.227

#### Análisis a las primeras seis horas

Del último análisis a este no existe una variación considerable, ya que las muestras se han mantenido en forma y apariencia. Se puede notar un leve desprendimiento adicional de pequeñas partículas; un cambio que no es notorio en la muestras, pero se aprecia en el color del agua, que si bien es cierto no se muestra manchada, pero se nota una coloración amarillenta (i.229)

- i.223 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Aceite de Linaza 6% posterior al ensayo compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
 i.224 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Cabuya 10% y Aceite de Linaza 6% posterior al ensayo compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
 i.225 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Aceite de Linaza 6% previo al ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
 i.226 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Aceite de Linaza 6% durante los primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.



i.228

- i.227 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Aceite de Linaza 6% a las tres primeras horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
 i.228 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Aceite de Linaza 6% a las seis horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
 i.229 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Aceite de Linaza 6% a los ocho días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.



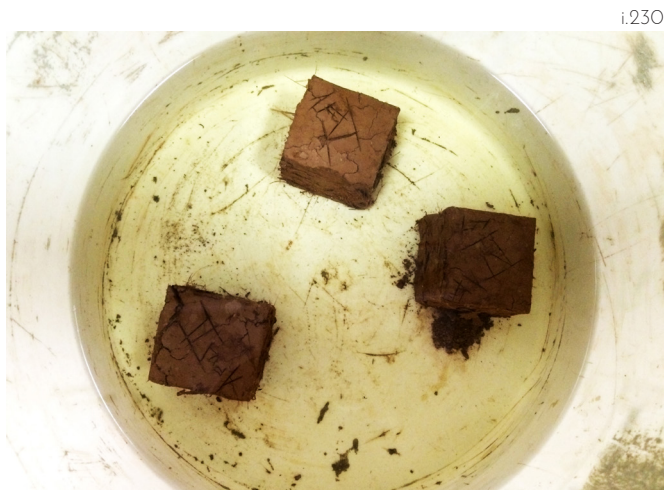
i.229

#### Análisis a las veinte y cuatro horas

El desprendimiento de partículas no ha variado significativamente desde la última observación, pero se puede notar la aparición de nuevas fisuras en otro de los cubos sumergidos. La estela de sedimentos es casi imperceptible en las dos muestras con fisuras en la parte superior, pero en la que no las posee se puede apreciar sedimentos los que equivalen a más del 90% del total de partículas desprendidas entre las tres muestras (i.228).

- i.230 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Aceite de Linaza 6% a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
 i.231 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Aceite de Linaza 6% a los ciento treinta y ocho días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
 i.232 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Aceite de Linaza 6% previo al ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.





i.230

#### Análisis a los ocho días

La degradación con el paso del tiempo se va notando menos ya que las muestras se estabilizaron a partir de las tres horas, donde las variaciones morfológicas y fisonómicas de los cubos son mínimas, por lo que no se notan cambios. De igual manera los desprendimientos parecen haberse estabilizado, ya que no se visualiza más sedimentos en el fondo del envase (i.230).

#### Análisis a los ciento treinta y ocho días

De manera similar a la presentada por la dosificación con fibra de vidrio, se pudo observar que las muestras con contenido de cabuya también presentaron una muy buena estabilización contra el agua, ya que las mismas mantuvieron una apariencia similar a las muestras con contenido de fibra de vidrio. La diferencia fue una



i.231

tonalidad más amarillenta por parte de las muestras con cabuya, pero los desprendimientos y cambios en la forma y apariencia se estabilizaron a partir de las 6 horas de ensayo. En este caso también se retiraron las muestras de los envases de ensayo por las limitantes de tiempo que este estudio plantea.

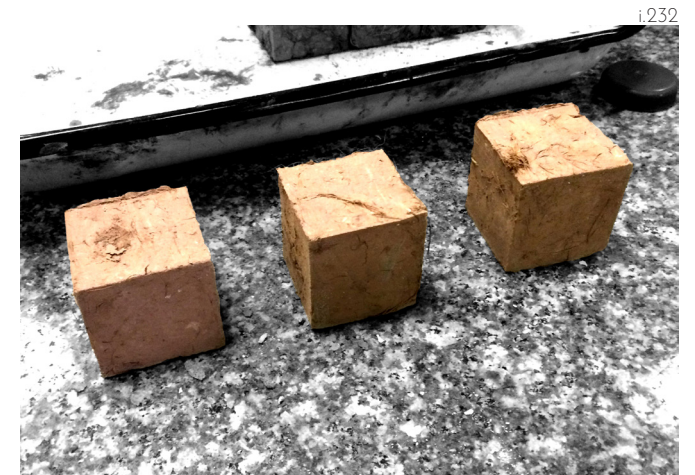
#### 4.6.4 Conclusión

Esta dosificación de tierra mejoró notablemente la trabajabilidad del barro, las muestras posteriormente al secado también mostraron superficies y aristas sin fisuras, por lo que es aconsejable su aplicación en capas de revoque, aunque el alto porcentaje de cabuya repercutió en el acabado final

de las muestras, observándose cabuya en las superficies.

Se pudo determinar que la linaza es un excelente estabilizante para mejorar la resistencia a la humedad. La mezcla de aceite de linaza con cabuya y tierra igualó los resultados anteriores obtenidos con la mezcla de fibra de vidrio en el inciso 4.3, ya que la cabuya genera un amarre entre las partículas de tierra mientras que el aceite de linaza funciona como un impermeabilizante.

En conclusión se puede suponer que la dosificación estudiada no mejora las características en cuanto a resistencia a la compresión, pero si es una excelente combinación para mejorar la resistencia a la humedad. Dado que esta etapa de estudio es una mejora del proceso anterior, es pertinente profundizar el análisis de la adición de porcentajes de aceite de linaza, cabuya y tierra, con el fin de encontrar un avance en cuanto a resistencia.



i.232

4.7 Mezcla 4: Cabuya 10% melaza 6%



La resistencia de las muestras al 6% de melaza superó en un 23,33% a la muestra estándar (g.35), resultado que fue muy favorable, por esta razón se toma en consideración para realizar una segunda dosificación en compañía de una fibra (cabuya) que de manera similar presento una buena estabilidad en cuanto a resistencia.

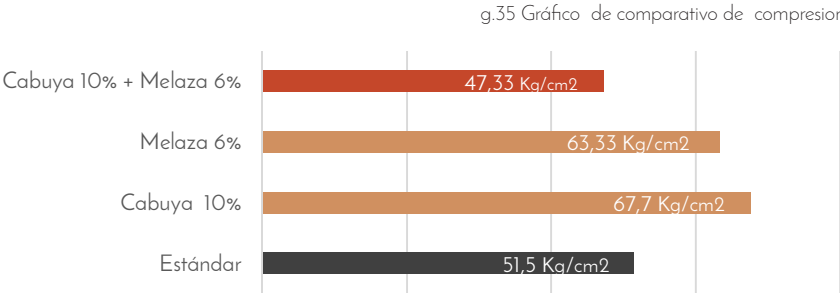
4.7.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

La combinación entre cabuya y melaza no presento un mejoramiento de resistencia a la compresión respecto a la muestra original sin materiales de estabilización (t.47). La resistencia lograda no se acercó, ni mucho menos superó a las resistencias logradas por si mismas de manera individual (g.35).

Muestra	Peso Inicial	Promedio (g)	Resistencia Kg/cm2	Promedio Kg/cm2
Cabuya 10% - Melaza 6%				
1	231,40	226,17	60,00	47,33
2	224,60		41,00	
3	222,50		41,00	

4.7.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

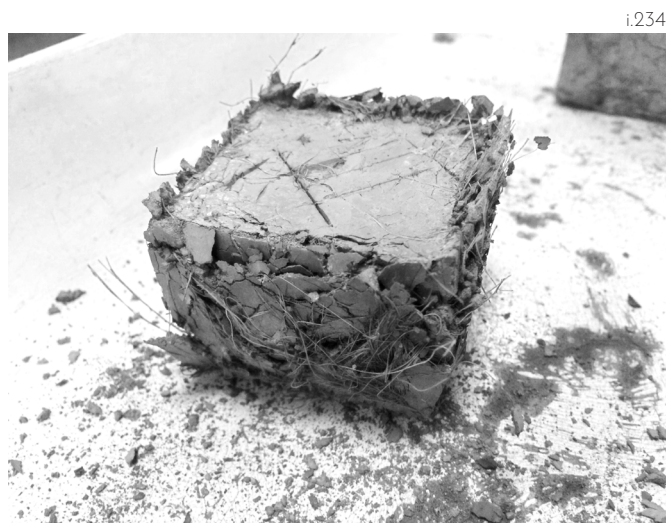
Esta muestra mostró una disminución del 5,31 % en la retracción frente a la muestra original de tierra, e incluso superó claramente a sus propios resultados de retracción como se puede ver en el gráfico g.36 y tabla t.47 (cabuya 1,47%, melaza 2,85 %).



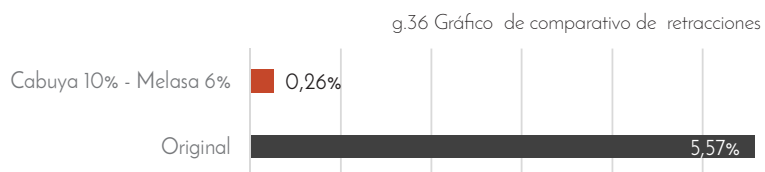
Si bien es cierto no se consiguió una mejora en la resistencia, pero se pudo apreciar un efecto de amarre bastante fuerte, ya que las muestras analizadas posterior al ensayo de rotura, no se fracturaron ni se desmoronaron, por el contrario solo tendieron a comprimirse considerablemente (i.234).

i.233 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Melaza 6% previo al ensayo compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
i.234 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Cabuya 10% y Melaza 6% posterior al ensayo compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.





i.234



t.47

Muestra	Retracción %	Promedio %
Cabuya 10% - Melasa 6%		
1	0	0,26
2	0	
3	0,78	

#### 4.7.3 Análisis de resistencia al agua



i.235



i.236

#### Análisis a los primeros treinta minutos

Las muestras con la adición de estiércol inicialmente mostraron una reacción instantánea con el agua, notándose una contaminación paulatina con la tierra de los cubos, la cual se tornó levemente opaca. También se puede apreciar sedimentación por parte de una de las muestras, la cual deja un radio de pequeñas partículas de tierra. En esta etapa es difícil saber si las muestras están absorbiendo demasiada agua, pero debido a las burbujas que van aflorando a la superficie sabemos que en relación a las muestras anteriores en este caso si existe un ingreso más rápido de agua (i.237).

i.237



i.235 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Melaza 6% posterior al ensayo compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.236 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Melaza 6% durante previo al ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.237 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Melaza 6% durante los primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.



### Análisis a las primeras tres horas

A las tres horas se puede ver que el agua ha desintegrado las esquinas de los cubos de manera muy acelerada, dando como resultado una solución oscura y difusa que no permite ver con claridad las muestras. El color del agua también indica la presencia de melaza, por lo cual se sabe que la cantidad ha disminuido considerablemente en las muestras. Las superficies superiores aún conservan la tierra que las conforman, notándose una mayor erosión en aristas (i.238).

i.238



### Análisis a las primeras seis horas

A las seis horas se puede ver que la coloración del agua se intensificado más, y junto a ella se puede apreciar un mayor desgaste de superficies y aristas. La cantidad de melaza es

mucho menor ya que se puede notar que la misma se ha disuelto en gran parte en el agua del envase. No se logra una visibilidad total de las muestras por la tonalidad del agua. En general el proceso erosivo no ha disminuido hasta el momento, ya que el desgaste es evidente en cuanto a morfología y fisonomía (i.239).

i.239



### Análisis a las veinte y cuatro horas

Al día siguiente del estudio se puede notar que el desgaste de las muestras no ha variado considerablemente ya que los cubos han adquirido una ligera resistencia al agua. La coloración, forma y textura son similares a las de la anterior observación (i.240).

### Análisis a los ocho días

Ocho días más tarde de iniciado el estudio se puede ver que la

presencia de melaza en el agua provocó la aparición de hongos, ya que esta substancia es rica en azúcares, la cual generó un proceso de fermentación, se puede ver que los hongos se ubicaron en las caras superiores de dos muestras. La forma de los cubos de ensayo se vio fuertemente afectado, ya que los mismos terminaron parcialmente convertidos en montículos. Se puede deducir además que por la coloración de las muestra y del agua, la maleza se disolvió casi por completo, quedando solamente la tierra con la fibra (i.241).

i.241







#### 4.7.4 Conclusión

La mezcla junto con cabuya y tierra presentó buenas características en cuanto a trabajabilidad y acabado, ya que se logró superficies lisas y aristas sin resquebrajamientos; aunque se puede recalcar que el alto porcentaje de melaza y cabuya repercutió de manera negativa en la resistencia a la compresión, debido a que estos dos materiales suman un porcentaje muy alto de material estabilizante, superando el indicado para una buen mejoramiento que ayude a la resistencia.

Las características intrínsecas de la melaza frente al agua no mejoraron el desempeño de la tierra, ya que el barro tiende a desfragmentarse de tal manera que se perdieron tanto superficies como aristas, afectando notablemente la morfología inicial de las muestras.

En conclusión la mezcla de estos materiales en esta dosificación no resultó óptima ya que disminuyó notablemente la resistencia a la compresión y aunque se haya logrado un gran avance en cuanto a la retracción se debe especificar que no cumplió la expectativa que se tenía sobre la misma, ya que se esperaba mejorar por mucho las características de la muestra ensayada.

i.238 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Melaza 6% a las tres primeras horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.239 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Melaza 6% a las seis horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.240 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Melaza 6% a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.241 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Melaza 6% a los ocho días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

4.8 Mezcla 6 : Cabuya 10% guano 6%

El guano un excelente material de estabilización usado durante siglos, este material en el anterior proceso de ensayos, no mostro los mejores resultados, ya que se aplicó de manera individual sin la ayuda de ningún elemento de apoyo, por lo que se vio necesario analizar este material en un nuevo proceso de dosificación para determinar su verdadero potencial.



El guano se aplicará en un 6% ya que en este porcentaje se obtuvieron los mejores resultados, además que esto permitirá no aplicar demasiado material de mejoramiento.

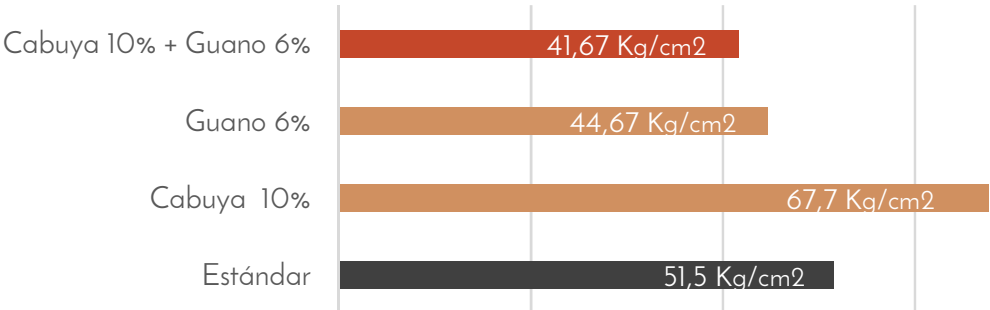
4.8.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

El guano en combinación con la cabuya fue la muestra con los resultados más bajos, es importante mencionar que anteriormente el uso de guano de manera individual no presentó ninguna mejora en lo que a resistencia a la compresión refiere. La resistencia obtenida no es mala, pero en comparación con las demás analizadas es la que menores resistencias presentó (g.37).

notablemente, por lo que se debería experimentar con porcentajes menores de guano (t.48).

La mezcla de tierra, guano y cabuya presentó una reducción de un 19,09 % frente a las muestras de tierra Santa Ana - Quingeo, y bajó un 38,45% en comparación con la mezcla conformada por tierra y cabuya (g.37).

Muestra	Peso Inicial	Promedio (g)	Resistencia Kg/cm2	Promedio Kg/cm2
Cabuya 10 % Guano 6%				
7	216,10	214,73	44	41,67
8	214,00		36	
9	214,10		45	

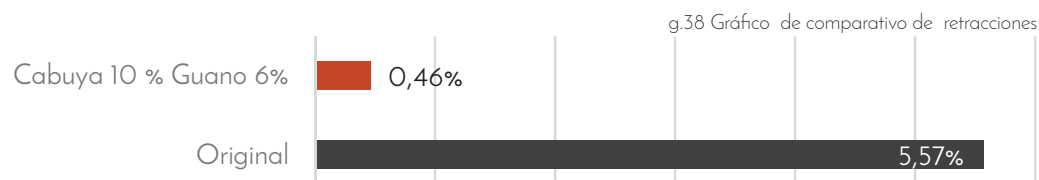


Este material es una composición ancestral comúnmente usada por sus buenos resultados, por lo que no se descarta como material de aplicación si se logra potenciar sus características. El alto porcentaje de materiales de mejoramiento influenció negativamente en la resistencia a la compresión, la cual disminuyó

4.8.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

A diferencia de los ensayos a la resistencia de compresión, se puede ver que en la retracción si existió una clara mejora frente a los resultados de la tierra Santa Ana - Quingeo sin materiales





t.49

Muestra	Retracción %	Promedio %
Cabuya 10 % Guano 6%		
7	0	0,46
8	0,38	
9	1	



de mejoramiento, y a los obtenidos con las mezclas de tierra y cabuya, melaza, aceite de linaza y guano, como se puede ver en la tabla t.49 y en la gráfica g.38.

La mezcla de tierra con cabuya al 10% y guano 6% dieron los menores resultados de las tres mezclas analizadas. Aunque es claro que mejoró notablemente frente a las muestras Santa Ana - Quingeo (5,57%), incluso existió una clara disminución en la retracción con respecto a las muestras con cabuya o guano con retracciones del 1,47% y 2,44% respectivamente.

#### 4.8.3 Análisis de resistencia al agua

##### Análisis a los primeros treinta minutos

Mientras se colocaba el agua sobre las muestras a ensayar se pudo apreciar un rápido desprendimiento de partículas de tierra, las cuales se fueron sedimentando alrededor de los cubos. El agua no presentó alteración en su transparencia ni en su color, los filamentos de cabuya al perder parte de las partículas iban quedado al exterior (i.246).

##### Análisis a las primeras tres horas

Esta dosificación presenta una clara degradación, ya que las partículas de tierra se van desprendiendo lentamente, lo cual acentúa la estela de sedimentos alrededor de las mismas. A pesar de la pérdida de partículas, las muestras no pierden su forma, pero sus aristas se han redondeado. La degradación es constante en las tres muestras, manteniendo todas apariencias similares (i.247).





i.246

#### Análisis a las primeras seis horas

Alrededor de las seis horas del ensayo de sumersión se puede ver un cambio notable ya que las partículas de los cubos se han desprendido en gran cantidad, aumentando el perímetro de sedimentación a toda el área de la base del envase.

Pese a la gran pérdida de sedimentos no parece existir mayor variación en la morfología y fisonomía desde la última observación. La coloración del agua también se ha mantenido constante, siendo transparente e incolora, lo que además permite una buena visibilidad para el análisis de las muestras (i.248).

i.248



i.247



#### Análisis a las veinte y cuatro horas

Normalmente las muestras se estabilizan a partir de las primeras horas, como se puede ver en la imagen i.249, la variación presentada respecto a la última observación es mínimo, por lo cual las muestras se han mantenido en todos los parámetros considerados en este ensayo.

i.242 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Estiércol 6% previo al ensayo compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.243 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Cabuya 10% y Estiércol 6% posterior al ensayo compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.249







### Análisis a los ocho días

A la semana del ensayo se puede ver un ligero cambio desde el último análisis, ya que la tierra desde las seis horas de sumersión presento una estabilidad contra el agua, lo cual se puede constatar con la apariencia de las muestras, que no están en perfectas condiciones pero que pararon la degradación a partir de las primeras horas de sumersión, por lo que la tierra presenta un ligero porcentaje de resistencia contra el agua (i.250).

i.250



### 4.8.4 Conclusión

El guano junto a la cabuya y aceite de linaza en las proporciones analizadas resultó ser perjudicial en cuanto a la resistencia a la compresión, aunque es importante recalcar que es un material que mejora el acabado en revoque, siendo el único material que logró dispersar la cabuya de tal manera que fuera imperceptible en las muestras terminadas, con

i.251



lo que se puede considerar para capas finales de revoque. La resistencia a la humedad que presentaron las muestras de cabuya, guano y tierra es considerable ya estas lograron mantener cierta resistencia, aunque la morfología de estas haya sido afectada, con lo analizado se puede descartar el uso de guano con cabuya en las proporciones analizadas como un material apto para la resistencia a la humedad.

En conclusión el uso de guano y cabuya en las proporciones analizadas resultó ser perjudicial para la tierra y sus propiedades de resistencia a la compresión, esto se debe al alto porcentaje de materiales de mejoramiento, con lo cual es necesario un análisis de dosificaciones menores, con el fin de encontrar una dosis idónea que potencie las características de la tierra.

i.244 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Estiércol 6% posterior al ensayo compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.245 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Estiércol 6% previo al ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.246 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Estiércol 6% durante los primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.247 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Estiércol 6% a las tres primeras horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.248 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Estiércol 6% a las seis horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.249 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Estiércol 6% a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.250 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Estiércol 6% a los ocho días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.251 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 10% y Estiércol 6% a los ocho días luego del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

4.8.5 Conclusiones generales del uso de cabuya al 10%, más estabilizadores adicionales

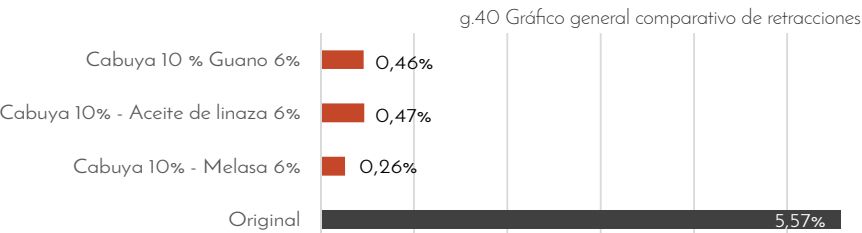
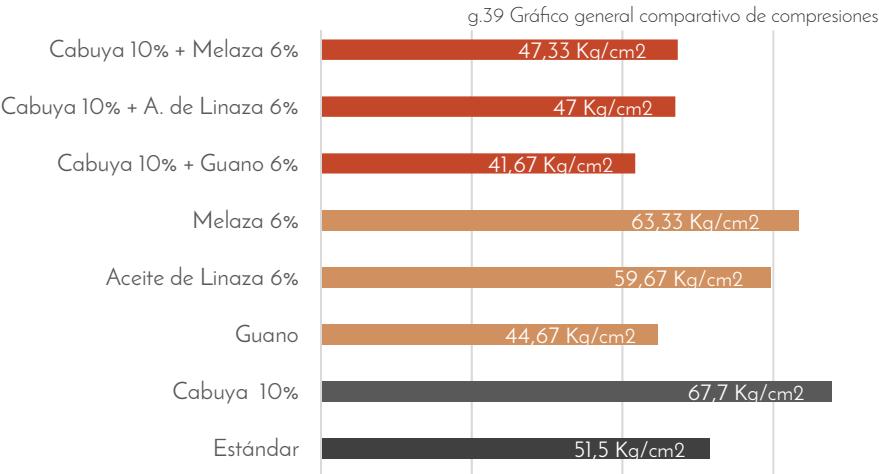
Un alto porcentaje de materiales de mejoramiento (sumando un 16 %) influye negativamente en la resistencia a la compresión, por lo que es indispensable tener en cuenta las cantidades de estabilizante a usar, ya que de estas dependerán los resultados que se puedan obtener. La mezcla de dos o más materiales requiere un análisis extenso que permita en este caso mejorar los resultados obtenidos por los porcentajes individuales analizados anteriormente.

La cabuya es un material de fácil acceso y de costos relativamente bajos, además de que no afecta a la salud al ser una fibra de origen natural, estos factores sumados a su uso ancestral en la construcción hacen que sea un recurso idóneo para su aplicación en las edificaciones de tierra. Los efectos causados por el paso del tiempo en construcciones en tierra son notorios, pudiéndose apreciar ya sea resquebrajamiento o daños causados por la humedad, esto dará como resultado que las partículas se dispersen en el aire, de tal forma que se deberá evitar posibles peligros a la salud por causa del uso de materiales o elementos dañinos, por consiguiente si no se tiene en consideración estos aspectos, la construcción en tierra estabilizada con algunos materiales puede representar un riesgo para la salud de los usuarios.

Los resultados obtenidos en la pruebas de resistencia al agua posicionó a dos dosificaciones como las ideales, ya que las mismas perduraron sin ningún problema durante los 138 días, y habrían

seguido de no ser por las limitantes de tiempo de este estudio, estas dosificaciones corresponden al fibra de vidrio al 6% más 6% de aceite de linaza y cabuya al 10% más 6% de aceite de linaza, las cuales perduraron de manera similar. Los porcentajes aplicados en estos casos son de 12 y 16% los que no difirieron en mucho en ninguno de sus resultados, pero se sabe que si se reduce los porcentajes de aplicación estos parámetros se verán mejorados, por lo que se tiene una mayor expectativa de las dosis con cabuya.

En conclusión el uso de la cabuya demostró buenos resultados, aunque se encuentren por debajo de lo que se logró con la fibra de vidrio, se tiene que tomar en cuenta la facilidad de su uso y que el contacto directo o indirecto no representa ningún riesgo para la salud. Un factor de gran importancia es que el uso de cabuya en un panel de tierra hará que este pueda cumplir una vida útil extensa, ya que posteriormente a que se derruya podrá ser utilizado de manera segura en una gran cantidad de formas.







## 5. ESTUDIO DE DOSIFICACIÓN 3



i.252

En el estudio de dosificación 2 se puede ver que el aumento en los porcentajes de adición de materiales de mejoramiento tuvo un efecto negativo en lo que respecta a resistencia a la compresión, debido a que los mismos se encontraban por encima de los porcentajes recomendables. Pese a que se escogieron los cinco mejores materiales, no se pudo lograr la estabilización deseada, ya que se aplicaron cada uno de ellos en base a sus mejores resultados, lo que incurrió en una baja de las propiedades deseadas por exceso de material.



i.253

En este nuevo estudio se plantea una reducción de los porcentajes de estabilizantes, mismo que tomará en cuenta los resultados del estudio 1 y 2 para poder determinar el porcentaje adecuado, pudiéndose reducir uno u otro componente en base a los resultados individuales ya obtenidos.

Para el estudio se retomaron los materiales usados en estudio 2, a excepción de la fibra de vidrio ya que presentó una difícil manipulación y una posible afectación a la salud.

### 5.1 Mezcla 1: Cabuya 6%, Melaza 3,6%

i.254



Nuevamente se retorna la combinación de cabuya y melaza, pero esta vez con el uso de 6% de cabuya y 3,6% de melaza. La reducción total de esta mezcla pretende mejorar los parámetros de resistencia compresión, los cuales tuvieron los más bajos resultados en los ensayos del estudio 2.

5.1.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

Se puede apreciar en el gráfico comparativo g.41 que la resistencia a la compresión alcanzada por la melaza y cabuya de manera individual es similar, solo difiriendo entre sí con 4,67 Kg/cm2 y superando alrededor de un 30% a la muestra original. Se podría suponer que por tanto una dosificación que involucre estos dos materiales simultáneamente debería ser similar o superior a la resistencia alcanzada por cualquiera las muestras que constituyen esta dosificación.



El resultado que se obtuvo fue 33,33 kg/cm2 (ver tabla t.50), mismo que corresponde a -35% respecto a la muestra original. Por lo tanto el resultado no corresponde ni se acerca al esperado. Se puede suponer que el factor de incidencia en este resultado es la dosificación, ya que la misma suma 9,6% y está 3,6% alejada de la dosificación óptima.

Sabiendo que los mejores resultados de melaza y cabuya se encontraron al aplicar 6% y 10% respectivamente, se realizó en el estudio anterior una dosificación que sumo 16% de estabilizante, al que no superó a la muestra original, por lo que para esta nueva aplicación fue necesaria una reducción de los porcentajes. La

mezcla de 16% obtuvo un promedio de resistencia a la compresión de 47,33, pero en comparación con la reformulación realizada no se logró igualar ni mucho menos superarla. Por tanto la reducción de uno de los estabilizantes provoco una baja en esta propiedad.

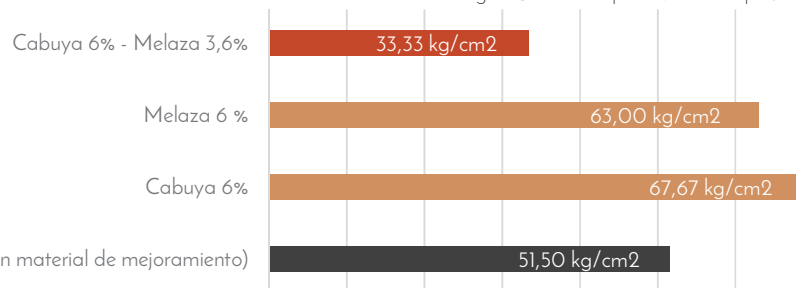
Se disminuyeron los porcentajes de aplicación, en este caso se bajó 6,4%, esperando el aumento de resistencia, pero el resultado fue desfavorable, debido a que llego a tan solo 33,33kg/cm2..

Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/cm2	Promedio kg/cm2
Cabuya 6% - Melaza 3,6%				
1	227,60	227,00	31,00	33,33
2	227,80		36,00	
3	225,60		33,00	

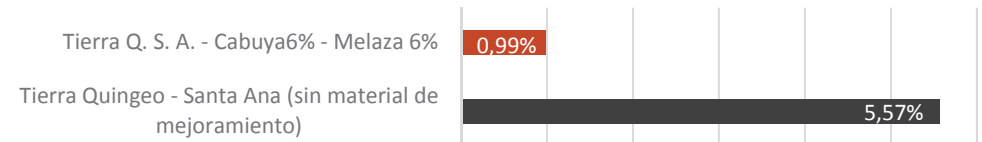




g.41 Gráfico comparativo de compresiones



g.42 Gráfico comparativo de retracciones



Si la resistencia no subió al bajar el porcentaje de aplicación es probable que la resistencia no mejore al reducir la cantidad de material de mejoramiento hasta llegar a un 6% de aplicación; pero es necesario realizar una prueba para verificar el comportamiento de la misma bajo esos factores.

Como se puede apreciar en el cuadro t.51 la la retracción dada por la muestra de cabuya-melaza es del 0,99%, dato que es favorable ya que se ha reducido considerablemente la retracción.

### 5.1.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

Como se ha podido notar la retracción en todas las dosificaciones se ha podido reducir, pues esta nueva dosificación en base a la cabuya no es la excepción. Se ha podido notar que las dosificaciones compuestas con un elemento fibroso, como en este caso la cabuya presentan porcentajes menores al 1% de retracción, es decir en que la mayoría de los casos se mejora en  $\pm 4\%$  respecto a la retracción de la muestra original de tierra sin material de mejoramiento (g.42).

### 5.1.3 Análisis de resistencia al agua

#### Análisis a los primeros treinta minutos

El ensayo de sumersión en los primeros minutos mostro una reacción inmediata entre las muestras y el agua, notándose un cambio a color marrón en el líquido, fenómeno que indica el desprendimiento de pequeñas partículas en conjunto con parte del estabilizante. También se puede apreciar desprendimientos iniciales en las superficies de los cubos. En general en esta etapa las muestras no demuestran una buena estabilización (i.257).



t.51

Muestra	Retracción %	Promedio %
Cabuya 6% - Melaza 3,6%		
1	0	0,99
2	1,58	
3	1,38	

i.252 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Estiércol 3,6% posterior al ensayo compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.253 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Estiércol 3,6% posterior al ensayo compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

Se puede apreciar un acelerado proceso de erosión en las muestras en conjunto con una rápida pérdida de estabilizante, lo cual es claro ya que la coloración del agua es más densa y oscura. Las superficies y aristas de las muestras han perdido gran cantidad de tierra por lo que filamentos de cabuya han quedado al exterior (i.258).

a las seis horas, se puede notar que no existe una marcada diferencia entre este y el último periodo de observación. La morfología, fisonomía de las muestras y el agua presentan ligeros cambios (i.259)

#### Análisis a las veinte y cuatro horas

En esta parte del ensayo se puede notar la aparición de pequeñas burbujas e impurezas que se asientan en la superficie del agua, además se puede apreciar una mayor cantidad de partículas de tierra desprendidas de las muestras. La coloración y transparencia del agua son más intensas, lo que indica que se ha perdido ya gran cantidad de estabilizante (i.260).



i.258

#### Análisis a las primeras seis horas

Inicialmente se pudo notar un proceso acelerado de degradación de las muestras, pero a partir de las tres horas de ensayo las condiciones se han estabilizado, ya que al realizar una observación



i.259



i.260





### Análisis a los ocho días

A los ocho días se nota un cambio drástico, ya que se puede apreciar además de un fuerte proceso erosivo la descomposición del estabilizante, la cual se nota por la de fermentación que produce gran cantidad de burbujas en la superficie. La coloración de agua es muy densa y oscura siendo difícil apreciar el fondo, por lo que fue necesario retirar el agua para apreciar el desgaste de las muestras; se pudo constatar el desgaste ya que los cubos quedaron reducidos a manera de esferas porque sus aristas se diluyeron con el agua, su morfología se vio afectada, pero resistieron parcialmente (i.261).

i.261



### 5.1.4 Conclusión

Se realizó los ensayos respectivos para determinar si este material es apto o no, o si el mismo tiene un potencial de mejoramiento a través de la reformulación de porcentajes de aplicación de sus componentes. Los datos de resistencia obtenidos en esta dosificación realmente no fueron los esperados, a pesar de realizar una variación de porcentajes de aplicación, donde se difiere tan solo 3,6% del porcentaje que se prevé será el más propicio.

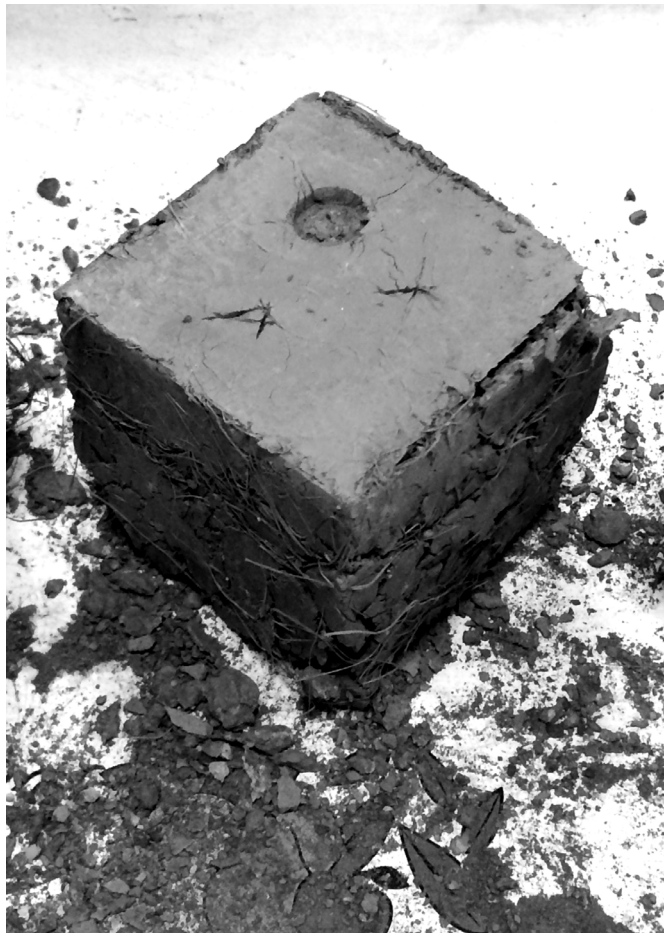
Como último recurso se realizara una variación de porcentajes con el objetivo de cambiar la tendencia de la resistencia respecto al porcentaje de aplicación, ya que si se tiene en cuenta los materiales que constituyen sus partes poseen excelentes resultados frente a la muestra estándar.

- i.254 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Cabuya 6% y Melaza 3,6% previo al ensayo compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.255 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Melaza 3,6% previo al ensayo compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.256 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Melaza 3,6% Posterior al ensayo compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.257 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Melaza 3,6% primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.258 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Melaza

- 3,6% a las tres horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.259 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Melaza 3,6% a las seis horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.260 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Melaza 3,6% a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.261 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Melaza 3,6% a los ocho días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

5.2 Mezcla 2 : Cabuya 6%, Aceite de Linaza 3,6%

i.262



i.263

En el enunciado 5.2.2, se pudo ver que la resistencia a la compresión de la reformulación entre melaza y cabuya no dieron los resultados esperados, ya que posiblemente la reducción de su resistencia se debe a la nueva dosificación, y para poder comprobarlo es necesario analizar con otro ensayo usando las mismas proporciones, pero con otro material, por lo que para este caso se usara el aceite de linaza por sus buenas características.

resultado del aceite de linaza fue menor al resultado obtenido por la Melaza, por lo que se podría pensar que el resultado de este ensayo debería ser menor respecto al ensayo anterior, ya que los porcentajes de aplicación de material son los mismos; pero la tabla de datos comparativos t.52 revela que el resultado de esta muestra mixta es superior a la anterior con casi 7Kg/cm<sup>2</sup>, pero inferior a la muestra original (g.43).

5.2.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

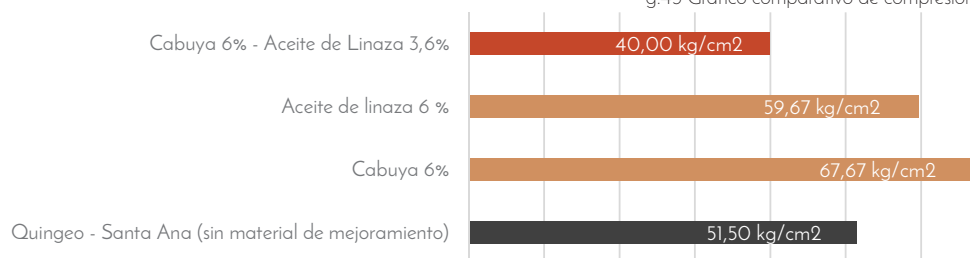
Al igual que en el caso anterior se puede apreciar que el resultado de los componentes por separado, son superiores al resultado de la muestra de tierra original. En el estudio de dosificación 1, el

Es posible que estos dos materiales se complementen de mejor manera (Cabuya con Aceite de Linaza), pero si se usan en un porcentaje más adecuado podría dar mejores resultados. Como se ha ido analizando paulatinamente, se puede comprender que los resultados son inesperados, porque no sucedió lo que se suponía,

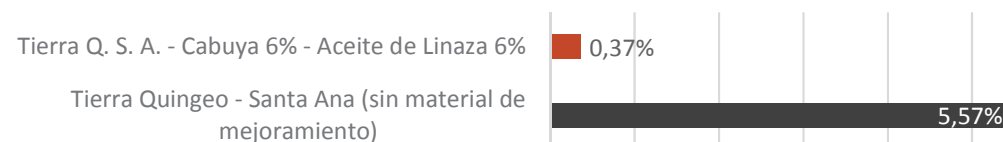




g.43 Gráfico comparativo de compresiones



g.44 Gráfico comparativo de retracciones



i.264



mixtas a un porcentaje menor al ensayado posiblemente no ayude a obtener la resistencia esperada.

t.52

Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/cm2	Promedio kg/cm2
Cabuya 6% - Aceite de linaza 3,6%				
4	230,90	229,20	35	40,00
5	227,40		39	
6	229,30		46	

### 5.2.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

Respecto al caso de dosificación anterior, se puede notar que el uso de aceite de linaza, provee de buenas propiedades de resistencia a la humedad, pero además, presenta excelentes resultados en cuanto a retracción (g.44). En este caso como se puede observar la retracción ha llegado a 0,37%, misma que casi se podría decir que es despreciable si se la maneja de manera adecuada (t.53).

t.53

Muestra	Retracción %	Promedio %
Cabuya 6% - Aceite de linaza 3,6%		
4	0,38	0,37
5	0	
6	0,72	

es decir que con la disminución de un porcentaje de material de mejoramiento existiría un aumento en la resistencia. Realizando nuevamente una comparativa entre el 9,6% y 16% de aplicación de la misma combinación, es decir de cabuya con aceite de linaza, se puede observar que con el menor porcentaje de aplicación se obtuvo 7Kg/cm2 menos que en el porcentaje mayor (16%).

Según se observa se puede ver que la tendencia de resistencia a la compresión respecto a menores porcentajes de aplicación esta en decremento. Aplicar más de estas nuevas combinaciones

### 5.2.3 Análisis de resistencia al agua

#### Análisis a los primeros treinta minutos

El aceite de linaza en los diferentes ensayos de resistencia al agua realizados en este estudio han dado resultados favorables, lo cual se vuelve a constatar en esta nueva dosificación, ya que de manera similar a la suscitada en ensayos anteriores se puede ver la carencia de una reacción entre el agua y las muestras, las cuales se perciben intactas en todos los paramentos de análisis para el respectivo caso, como se lo puede apreciar en la imagen i.265.

i.262 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Cabuya 6% y Aceite de Linaza 3,6% posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.263 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Aceite de Linaza 3,6% posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.264 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Aceite de Linaza 3,6% previo al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.265 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Aceite de Linaza 3,6% a los primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.265



#### Análisis a las primeras tres horas

A las tres horas del ensayo es casi imperceptible la incidencia del agua, ya que las muestras no presentan aumento de sus dimensiones por efectos de hinchamiento, tampoco alteración de la forma o apariencia. El agua de la misma manera mantiene su transparencia y tonalidad, por lo que se puede decir que hasta este lapso de tiempo las muestras se mantienen estables (i.266).

i.266



#### Análisis a las primeras seis horas

Las muestras a las seis horas del ensayo de sumersión no presentan cambios morfológicos por desprendimiento de partículas de tierra, de igual manera el agua se mantiene similar que la anterior observación. Realizando un análisis hacia la fisonomía se puede ver que las caras superiores de los cubos empiezan a mostrar fisuras, por lo cual esta son las únicas señales de la incidencia de del agua sobre las muestras (i.267).

i.267



#### Análisis a las veinte y cuatro horas

A las 24 horas del ensayo se puede apreciar que las muestras no han variado mucho desde el último análisis, lo cual se comprueba ya que la presencia de sedimentos es poca alrededor de los cubos. Otra característica que ha variado respecto a la apariencia es el aumento del tamaño de las fisuras y de las muestras mismas, lo que indica que han ganado una ligera cantidad de agua. En general las muestras mantienen una buena estabilización contra





el agua, como se puede ver en la imagen i.268.

#### Análisis a los ocho días

La estabilización a los ocho días de sumersión revela que las muestras han presentado una excelente resistencia, similar a la obtenida con la dosificación de 12% de cabuya y 6% de aceite de linaza. La muestra no presentó una alteración en su morfología, sin embargo su fisonomía mostró una leve afectación por desprendimientos de partículas de tierra, lo que dio como resultado filamentos de cabuya expuestos al exterior. Se puede estimar a esta como dosificación óptima si se desea una buena estabilización frente al agua con un bajo porcentaje de aplicación (i.269).



#### 5.2.4 Conclusión

Es cierto que la tendencia de las últimas dos dosificaciones por el momento van en decremento en cuanto a resistencia, por lo que se tiene un punto muy importante en contra, mismo que si no es mejorado posiblemente lleve a descartar dichas combinaciones.

En cuanto a retracción, se puede notar que la dosificación con aceite de linaza posee resultados favorables en cuanto a retracción. El tener un buen comportamiento en el fenómeno de retracción es una ventaja que puede ser aprovechada en el uso del material para revoques y empañetes.

La resistencia al agua presentada por esta dosificación demostró ser bastante buena, casi igualando a la mejor dosis para estabilización contra el agua, pero con un menor uso de materiales, lo cual puede ser tomado en consideración para casos en los que se desee reducir costos.

i.266 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Aceite de Linaza 3,6% a las tres primeras horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.267 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Aceite de Linaza 3,6% a las seis primeras horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.268 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Aceite de Linaza 3,6% a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.269 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Aceite de Linaza 3,6% a ocho días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

5.3 Mezcla 3 : Cabuya 6% guano 3,6%

En base al análisis secuencial de estas dosificaciones que tiene como denominador común a la Cabuya en un porcentaje del 6%, se podría decir que esta combinación con guano de caballo podría también tener una disminución similar, no obstante el comportamiento de cada material es distinto que en ocasiones pueden reaccionar de manera similar o de manera distinta.

i.270



Por medio de la reducción de la adicción de estabilizantes se puede comprobar si esto tiene o no un efecto positivo en el aumento a la resistencia a la compresión, retracción y resistencia al agua.

5.3.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

El guano en combinación con la cabuya reaccionó de manera diferente, dando como resultado una reacción inversamente proporcional al porcentaje de adición de material de mejoramiento (t.54). Se tiene que esta dosificación mejoro 8,83 Kg/cm2 respecto a la muestra original (g.45).

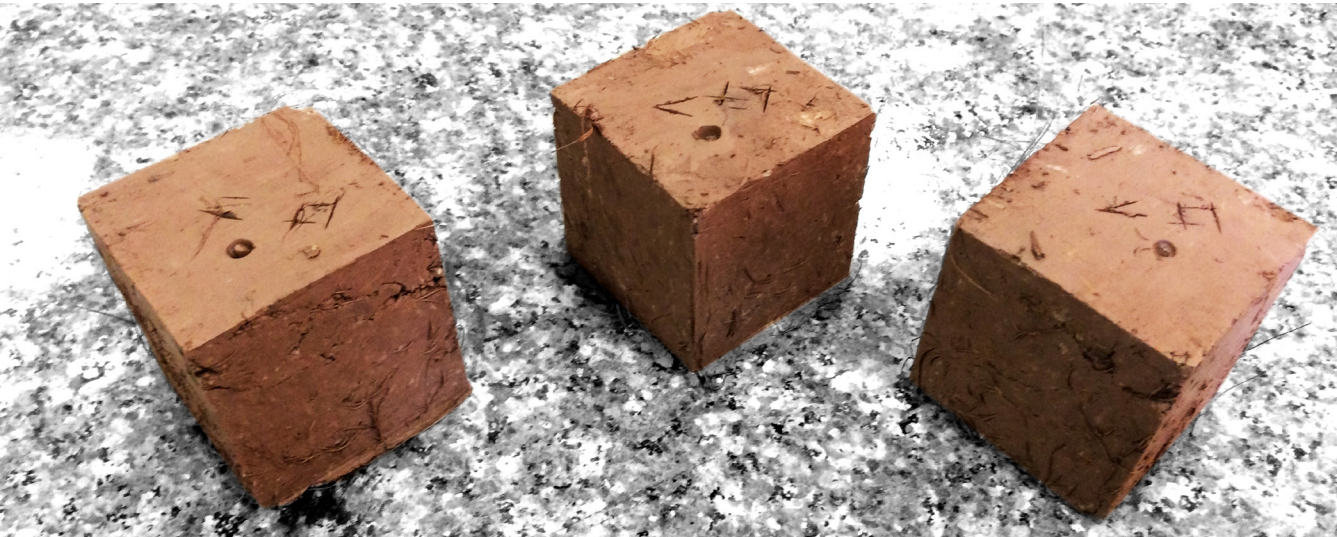
Con estos resultados como se observa en la tabla t.54 se puede comprobar que si existe un aumento significativo en

t.54

Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/cm2	Promedio kg/cm2
Cabuya 6% - Guano 3,6%				
7	227,70	229,17	57	60,33
8	231,70		66	
9	228,10		58	

relación al resultado dado por la combinación en un 16% de material de mejoramiento, sabiendo que la misma fue de 41,67 Kg/cm2. Esta combinación si presento un aumento considerable en base a la reducción de aplicación de porcentajes de material de mejoramiento, por lo que en comparación con las dos muestras anteriores analizadas, esta última que incorpora al guano podría percibir un aumento en la resistencia si se reduce el porcentaje de 9,6% a  $\pm 6\%$ .

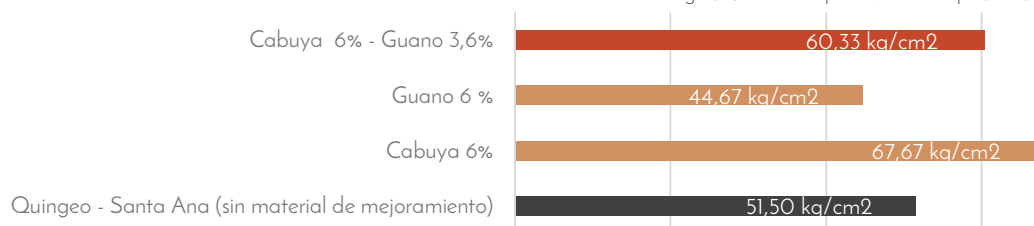
i.271



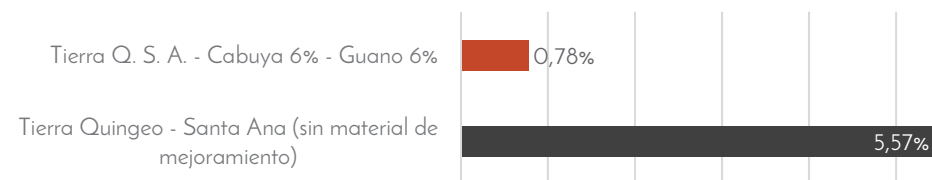




g.45 Gráfico comparativo de compresiones



g.46 Gráfico comparativo de retracciones



La retracción dada por este material es buena y se encuentra entre los mejores resultados de este estudio de dosificaciones, exactamente se ubica en un segundo lugar por su buena propiedad. Por lo tanto al presentar buenos parámetros de comportamiento ante este fenómeno la misma puede ser un buen candidato para revoques y relleno ya que también presentó una mejora en cuanto a resistencia.

En la tabla t.55 se puede apreciar que la retracción está por debajo del 1% lo cual es un buen resultado y en comparación con la muestra estándar se puede ver un gran avance, ya que se mejora con más de 4% (g.46).



i.272



i.273

#### Análisis a los primeros treinta minutos

La reacción del agua y las muestras a los primeros minutos es leve ya que solo se presentó ligeros desprendimientos de partículas. Los filamentos de cabuya que se pueden ver en la imagen i.273 son el producto de las partículas perdidas en esta reacción inicial del agua y la tierra. Las muestras mantienen un aspecto estable, sin alteraciones relevantes.

t.55

Muestra	Retracción %	Promedio %
Cabuya 6% - Guano 3,6%		
7	0,38	0,78
8	1,58	
9	0,38	

#### Análisis a las primeras tres horas

En este periodo de tiempo del estudio los cubos han cedido un poco más de partículas, pero en esta ocasión son de mayor tamaño, lo que ha dado lugar a una mayor cantidad de filamentos expuestos. Una característica apreciable en la fisonomía es la aparición de pequeñas fisuras en los planos superiores, por lo cual se nota un ligero pero apreciable cambio en las muestras (i.274).

i.274



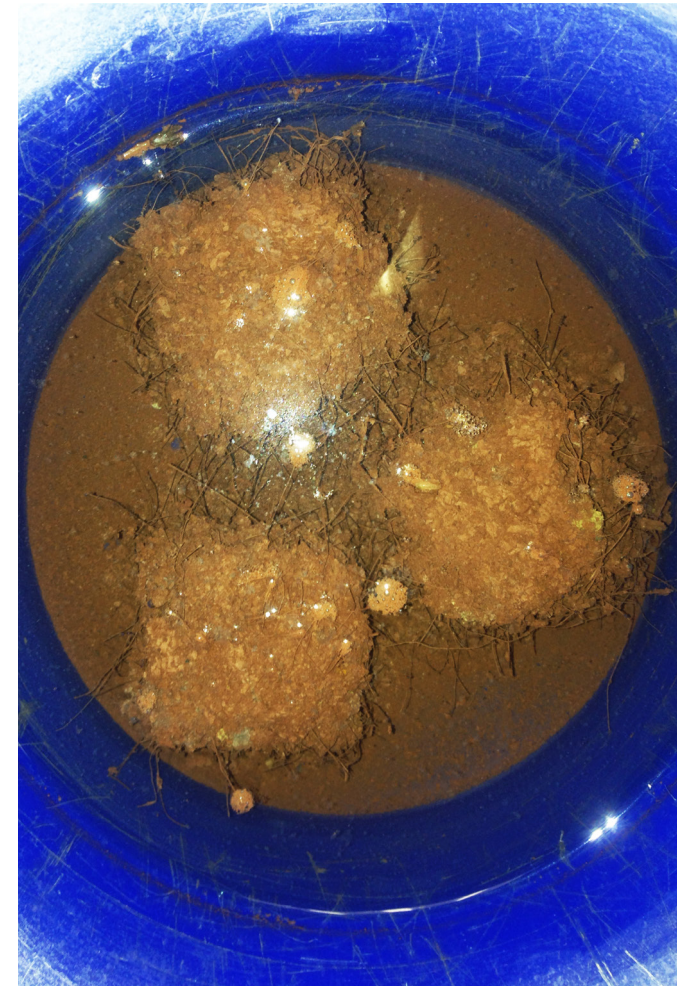
#### Análisis a las primeras seis horas

A partir de la última observación se ha podido notar que las muestras presentan ciertos cambios en cuanto a fisuración y desprendimiento de partículas. Dos muestras indican un mayor desprendimiento tierra, por lo que van dejando una estela de sedimentos alrededor de las mismas, a pesar de ello no se percibe ningún cambio en la coloración del agua, manteniéndose transparente e incolora. Morfológicamente las muestras por tanto presentan una apariencia similar a las de la observación anterior (i.275).

i.275



i.276







### Análisis a las veinte y cuatro horas

En este lapso de tiempo transcurrido las muestras se han visto fuertemente afectadas ya que el desprendimiento de partículas ha presentado un proceso acelerado, lo cual se aprecia gracias que el fondo del envase se ha saturado de sedimentos. Las superficies por causa de la pérdida de sus partículas presentan una fuerte erosión, quedando desgastadas, sin embargo las muestras aún mantienen una ligera apariencia de cubos (i.276).

### Análisis a los ocho días

A partir de las 24 horas del ensayo las muestras tendieron a estabilizarse, ya que los desprendimientos y cambios en general en las muestras no son notorios. De igual manera el agua no presentó ningún tipo de contaminación en cuanto al color y transparencia, como ha sucedido en muchos de los casos anteriormente analizados (i.277).

Finalmente la mezcla con estiércol no presentó los resultados deseados, pero se acercó mucho, y está dentro de un rango admisible para la aplicación como material en la construcción con tierra, ya que equilibra de cierta manera sus diferentes parámetros.

i.277



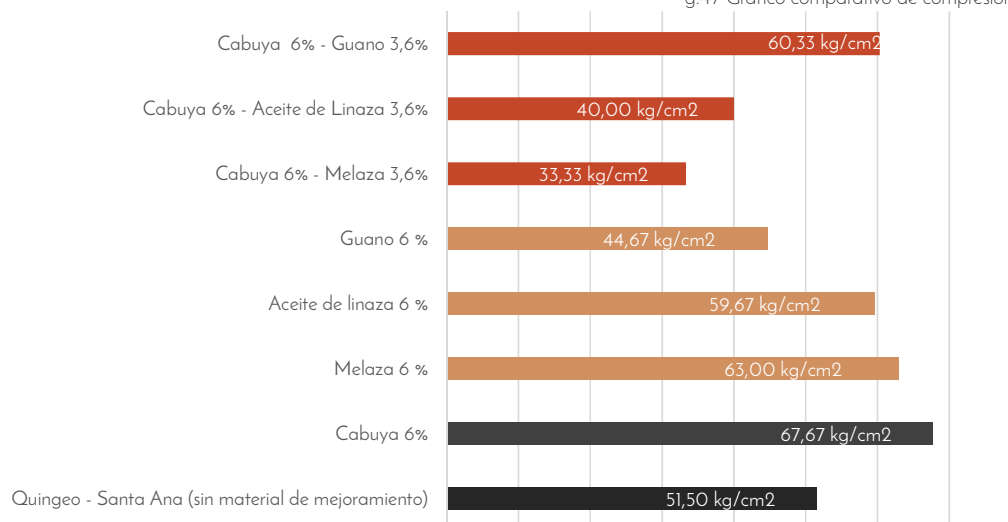
#### 5.3.4 Conclusión

Si la tendencia de resistencia continúa aumentando en base a la reducción de porcentajes de estabilizante, esta muestra podría ser la que mejores resultados presente, de lo contrario si la tendencia de resistencia manifiesta a una disminución, se puede entender que el porcentaje que provee la mejor resistencia y resultados en base a los parámetros necesarios para este estudio es la obtenida con la aplicación de 6% de cabuya y 3,6% de estiércol.

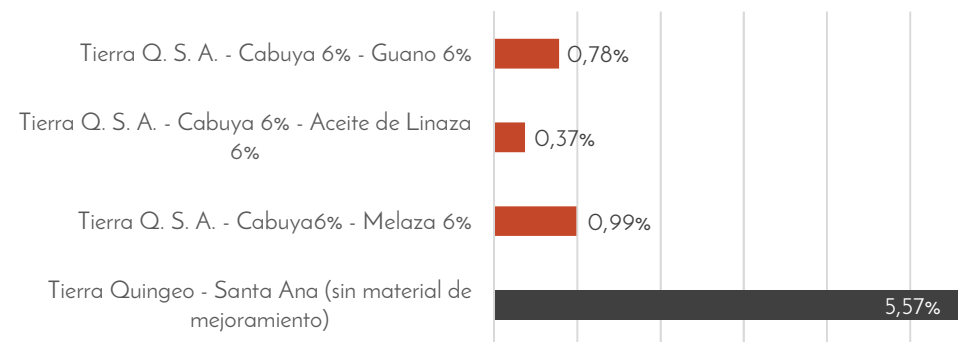
En resistencia se obtuvo el mayor resultado, por lo que se pudo lograr el fin de este estudio por medio de esta dosificación. La resistencia al agua no es óptima, pero presenta un grado de estabilidad, en comparación con la melaza se pudo ver mejores resultados, ya que la morfología y consistencia luego del ensayo fue buena en el caso de las muestras con estiércol, por lo que esta dosificación presenta una mejor estabilidad frente al agua. En cuanto a retracción este material puede ser óptimo para revoques por su bajo porcentaje de retracción.

- i.270 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Cabuya 6% y Estiércol 3,6% luego del proceso de secado [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.271 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Estiércol 3,6% previo al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.272 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Estiércol 3,6% posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.273 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Estiércol 3,6% a los primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.274 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Estiércol 3,6% a las tres horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.275 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Estiércol 3,6% a las seis horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.276 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Estiércol 3,6% a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.277 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 6% y Estiércol 3,6% a ocho días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

g.47 Gráfico comparativo de compresiones



g.48 Gráfico comparativo de retracciones



#### 5.4 Conclusión general de uso de cabuya a 6%, más estabilizadores adicionales a 3,6%.

Si realizamos una comparación entre las muestras que aplicaron 9,6% de material de mejoramiento, podremos ubicar sin duda como la mejor combinación al tercer ejemplar, misma que se encuentra conformada por 6% de cabuya y 3,6% de guano, dando la mayor resistencia a la compresión (g.47), en conjunto con un bajo factor de retracción y una aceptable resistencia al agua.

Esta combinación fue la única de entre la tres estudiadas que presentó una mejora en resistencia, por lo que con una nueva reformulación de porcentajes de aplicación la muestra con

estiércol podría ser la combinación con mayores probabilidades de presentar una mejora en cuanto a este parámetro. Si bien es cierto no muestra el mejor resultado en cuanto a retracción, pero se ubica en segundo lugar (g.48), difiriendo no por mucho de la muestra con el mejor resultado. Por lo tanto en base a estos dos factores podemos decir que en este porcentaje de aplicación (cabuya 6% más estiércol 3,6%) es la mejor mezcla.

La incógnita se manifiesta ahora, ¿cuál es la verdadera tendencia de la resistencia en cuanto a la disminución de los porcentajes de aplicación? Si se realiza un análisis de expectativa es probable que ninguno de las dos primeras combinaciones presenten un aumento en la resistencia, debido a que las mismas han ido disminuyendo la resistencia en cada reducción de material de mejoramiento.

Se tiene que una de tres combinaciones presentó un aumento al aplicar un 9,6%, lo que nos dice que esta es la muestra presenta mayores probabilidades para un aumento de la resistencia con una nueva disminución de los porcentajes de aplicación; sin embargo la reacción que presenta cada material es distinta debido a su composición y propiedades, es decir que cada uno genera estímulos diversos ante factores externos similares, por consiguiente es necesario realizar una nueva dosificación con una mayor reducción de porcentajes para comprobar la verdadera tendencia de las muestras según el porcentaje de estabilizante aplicado.





## 6. ESTUDIO DE DOSIFICACIÓN 4



i.278

Si bien es cierto se podría solamente tomar la muestra con mejores resultados del estudio de dosificaciones número 3 para realizar una reformulación de los porcentajes de aplicación, pero debido a que la reacción de cada uno puede ser variada, se procederá a que todas las muestras se sometan a la reestructuración de dosis de aplicación. De esta manera se tendrá con certeza cuál es la tendencia verdadera de los paramentos de resistencia a la compresión, retracción y resistencia al agua.

El alto porcentaje de materiales de mejoramiento de las dosificaciones anteriores se reflejó en una notable disminución de la resistencia a la compresión, por lo cual es necesaria la disminución en el porcentaje de dichos materiales con el fin de mejorar las características en las que se ha notado una deficiencia frente a los materiales de mejoramiento usados de manera individual.

Cada material presenta una diferente reacción en conjunto con otros materiales, siendo esta positiva o negativa, por lo que cada combinación ensayada tiene la misión de dar una noción clara del funcionamiento de cada dosificación y el comportamiento de la mezcla entre sus componentes.

### 6.1 Mezcla 1: Cabuya 4% melaza 2,4%

Con el fin de estabilizar la muestra de tierra Santa Ana Quingeo y comprobar si la reducción de porcentajes permite aumentar la resistencia a la compresión, se realizó un nuevo diseño de mezclas. Para la aplicación de la melaza se usará un 2,4% en combinación con 4% de cabuya.



i.279

### 6.1.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

La reducción de los porcentajes en el ensayo de resistencia a la compresión presentó hasta ahora la mejor estabilización. Según el cuadro t.56 se puede apreciar un amplio aumento en la resistencia a la compresión frente a la muestra de tierra con cabuya 10 %, superándola en más de 50 %, y con respecto a la muestra original de la tierra Santa Ana - Quingeo hubo un incremento del 74 % siendo el resultado más alto obtenido con el uso de materiales de mejoramiento (g.49).

t.56

Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/cm2	Promedio resistencia
Cabuya 4% - Melaza 2,4%				
1	222,20	223,00	93,00	89,00
2	223,60		85,00	
3	223,20		89,00	

La resistencia obtenida en el ensayo de la mezcla de tierra, cabuya 6% y melaza 3.6% fue desfavorable (33 kg/cm2), pero con la

disminución del porcentaje de dichos materiales de mejoramiento se ha logrado una amplia mejora en la resistencia a la compresión (aumento de un 169% respecto a la docificación 5.1). Las muestras fracasadas posteriormente al ensayo a la rotura no presentaron una marcada fisuración, manteniéndose mayormente la morfología original de estas (i.279), de tal manera de que es muy aconsejable su aplicación como un material de soporte como es el relleno de paneles.

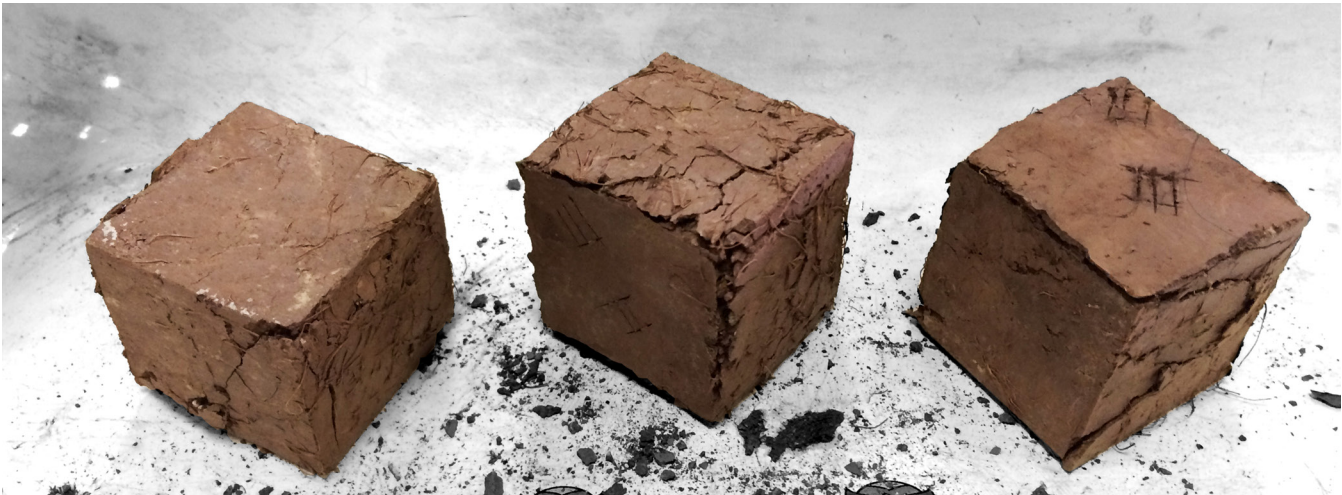
6.1.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

El uso de melaza y cabuya en la tierra presentó una disminución de un 3,12% en la retracción con respecto a lo conseguido en la muestra original (g.50), lo que se puede tomar como una mejora considerable, sin embargo no es una gran disminución frente a las muestras anteriores de cabuya con melaza.

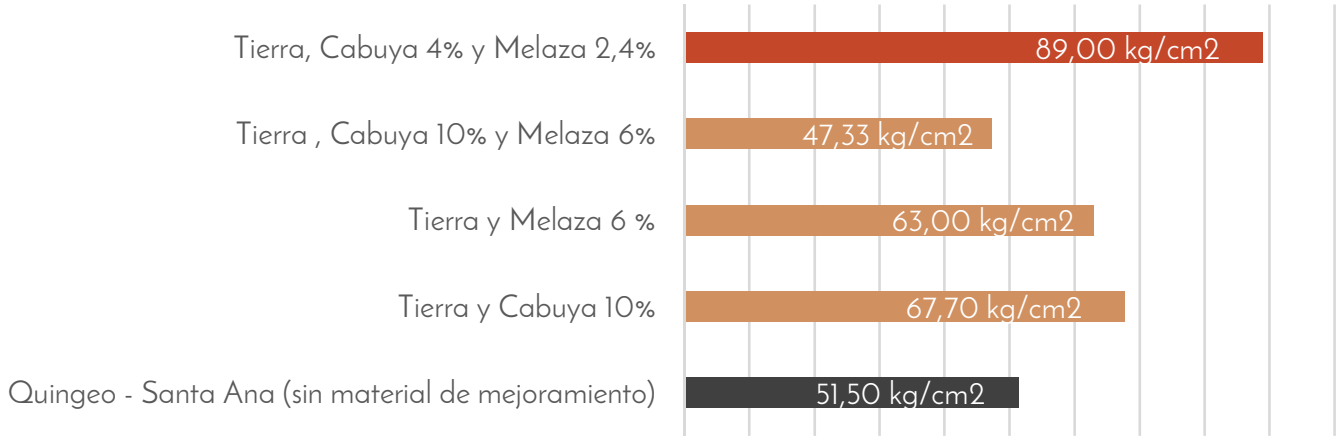
t.57

Muestra	Retracción %	Promedio %
Cabuya 4% - Melaza 2,4%		
1	2,8	2,45
2	2,2	
3	2,36	

La dosificación de cabuya 6% y melaza 3,6% presentó una retracción de un 0.99% la cual se tomó como satisfactoria, por lo tanto la retracción lograda con la dosificación tierra, cabuya 4% y melaza 2,4% es aceptable al no diferir ampliamente del resultado anterior (t.57).



g.49 Gráfico comparativo de resistencias







i.281

Cabuya 4% - Melaza 2,4%

Original

2,45%

5,57%

g.50 Gráfico comparativo de retracciones

i.282

i.283

### 6.1.3 Análisis de resistencia al agua

#### Análisis a los primeros treinta minutos

La melaza como material estabilizante contra el agua en los ensayos realizados siempre demostró una buena resistencia inicial, la cual se va perdiendo conforme transcurre el tiempo de sumersión. En este caso no se ve una variación o diferencia, ya que las muestras parecen resistir bien hasta que empieza el desprendimiento de la melaza. En esta dosificación se pudo apreciar con claridad este fenómeno, porque se aprecia como poco a poco el agua penetra





en los cubos, diluyendo el estabilizante; como resultado se tiene una solución que va cambiando de tonalidad y va perdiendo su transparencia (i.282).

#### Análisis a las primeras tres horas

El desprendimiento de la melaza en esta dosificación se manifiesta de manera acelerada, ya que a las tres horas del ensayo se puede ver que el agua ha cambiado por completo su tonalidad y transparencia. Este proceso dio como resultado inmediato la aparición de burbujas, lo que indica que el agua ha penetrado al interior de los cubos. Pese a la dificultad de visibilidad que la solución presenta, se puede observar que las muestras ya han perdido gran cantidad de partículas de sus aristas, por lo que morfológicamente se ven muy afectas a esta altura del ensayo (i.283).

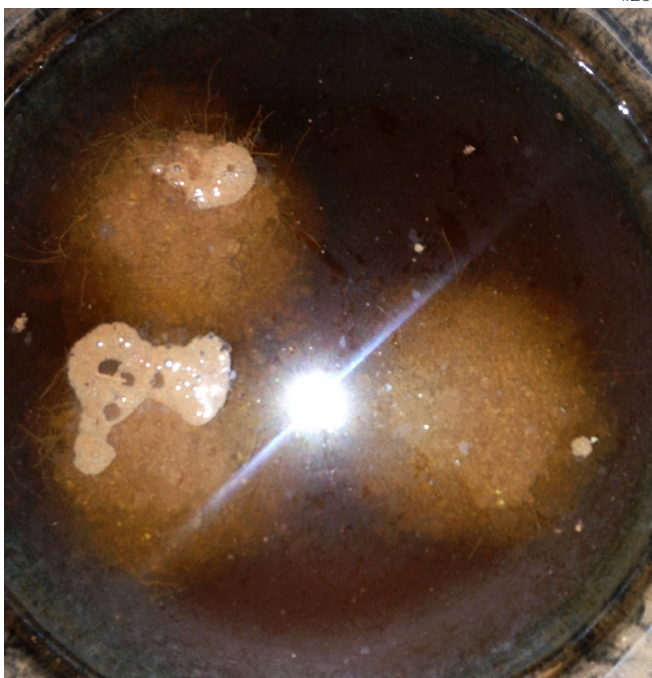


i.284

#### Análisis a las primeras seis horas

La pérdida del estabilizante es cada vez más notoria y junto con esta la degradación de las muestras. El proceso erosivo en esta dosificación es acelerado, ya que va cambiando drásticamente la morfología y fisonomía de los cubos. Debido a que la solución es opaca y oscura es difícil apreciar la sedimentación de partículas en el fondo del envase, pero se puede intuir que es grande la cantidad de sedimentos ya que las aristas y superficies de las muestras se han desintegrado en gran parte (i.284).

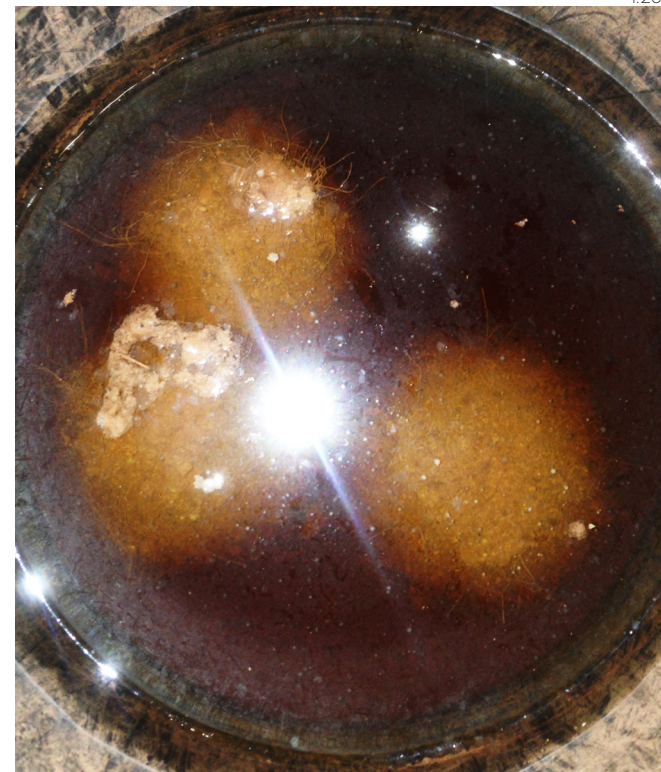
i.285



#### Análisis a las veinte y cuatro horas

Realizando una comparativa de este periodo de sumersión con el anterior, se nota que el cambio no es considerable, ya que la morfología y fisonomía tanto de las muestras como del agua es bastante similar, por lo que las muestras empezaron a estabilizarse a partir del último periodo (i.285).

i.286







### Análisis a los ocho días

Según los ensayos anteriores en muestras con melaza se podía apreciar normalmente un desgaste superior al 50% a esta altura del ensayo, pero según el análisis se puede comprobar que las muestras no han variado en gran parte, razón por la que se confirma una estabilidad de las muestras a partir de las 6 horas. Pese a que el desgaste de las muestras al finalizar este ensayo fue grande, se pudo apreciar que las mismas mantuvieron un cierto grado de resistencia, el cual no es el óptimo ya que para el estudio se pretende que las mismas mantengan sus propiedades parcialmente intactas, como lo logrado en la dosificación 4.3 y 4.6 (óptimas en la estabilización contra el agua).

### 6.1.4 Conclusión

Por los excelentes resultados de resistencia a la compresión se puede concluir que esta dosificación es óptima para la aplicación en este estudio. Son aceptables además los resultados en los parámetros de resistencia al agua y retracción, pero no se recomienda este espécimen para la aplicación de empañetes y revoques.

Los ensayos realizados demostraron que el uso de cabuya y melaza en un 4 y 2,4% respectivamente, mejoran la resistencia a la compresión, logrando una mejor cohesión entre partículas de tierra y existiendo un equilibrio entre los materiales de mejoramiento y la tierra. En cuanto a la retracción hubo materiales que lo superaron por mucho, por lo que se lo puede determinar como un material de propiedades aceptables en comparación con los resultados de la tierra Santa Ana - Quingeo sin materiales de mejoramiento.

i.278 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 4% y Melaza 2,4% previo al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
 i.279 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 4% y Melaza 2,4% posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
 i.280 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 4% y Melaza 2,4% posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
 i.281 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultado de 93 kg/cm<sup>2</sup> de la Muestra 1 con Cabuya 4% y Melaza 2,4% [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
 i.282 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 4% y Melaza 2,4% a los primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

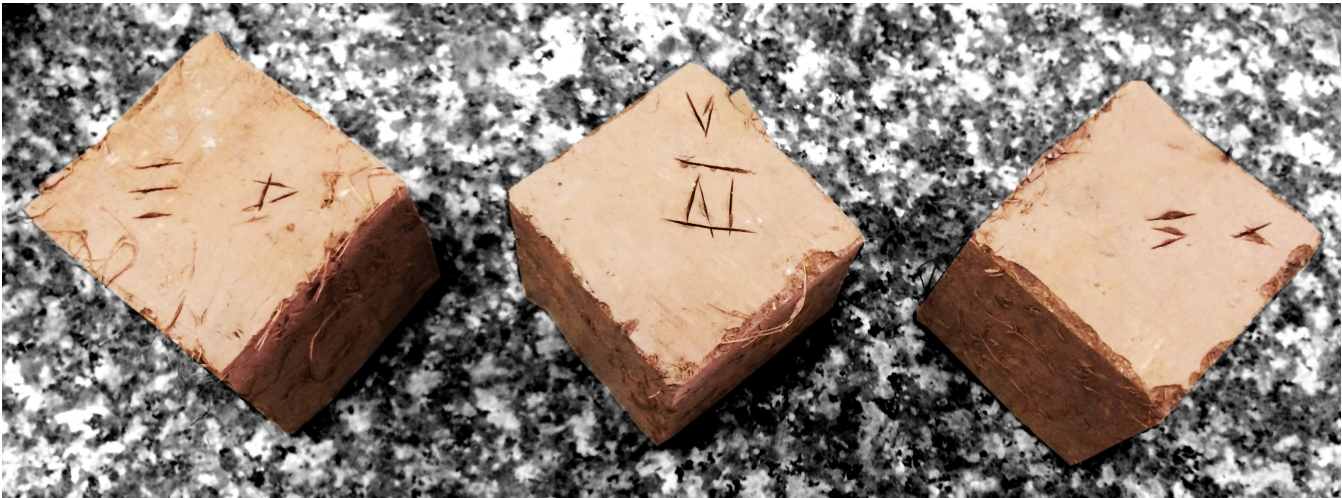
i.283 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 4% y Melaza 2,4% a las tres primeras horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
 i.284 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 4% y Melaza 2,4% a las seis primeras horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
 i.285 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 4% y Melaza 2,4% a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.  
 i.286 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 4% y Melaza 2,4% a los ocho días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

6.2 Mezcla 2 : Cabuya 4%, Aceite de Linaza 2,4%

El aceite de linaza es un material de excelentes propiedades, por lo que se vuelve a retomar para un nuevo análisis basado en la reducción de sus porcentajes de aplicación, con la finalidad de obtener buenos resultados de resistencia.



i.287



i.288

6.2.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

En esta nueva dosificación, el uso de aceite de linaza y cabuya en la tierra no presentó características relevantes en cuanto a la resistencia a la compresión (t.58), aunque hubo un aumento de 1.67% kg/cm2 frente los resultados de la mezcla de tierra con cabuya 6% y aceite de linaza 3,6%.

t.58

Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/cm2	Promedio resistencia
Cabuya 4% - Aceite de linaza 2,4%				
4	227,70	75,90	44	41,67
5	0,00		49	
6	0,00		32	

La resistencia obtenida no logró superar los resultados de las muestras conseguidas anteriormente con y sin materiales de mejoramiento (g.51); La reducción frente a la tierra Santa Ana - Quingeo y los resultados correspondientes a la mezcla de tierra con cabuya al 10% fueron de un 19% y un 31% respectivamente. El resquebrajamiento de las muestras posteriormente al ensayo a la compresión fue mínimo, manteniendo en gran parte la morfología original.

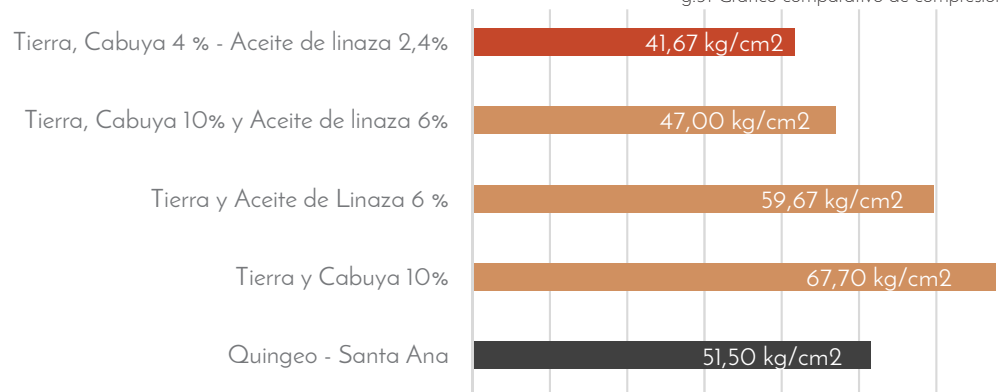
6.2.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

La mezcla de aceite de linaza y cabuya con la tierra disminuyó la retracción frente a la obtenida por la muestra original de la





g.51 Gráfico comparativo de compresiones



g.52 Gráfico comparativo de retracciones



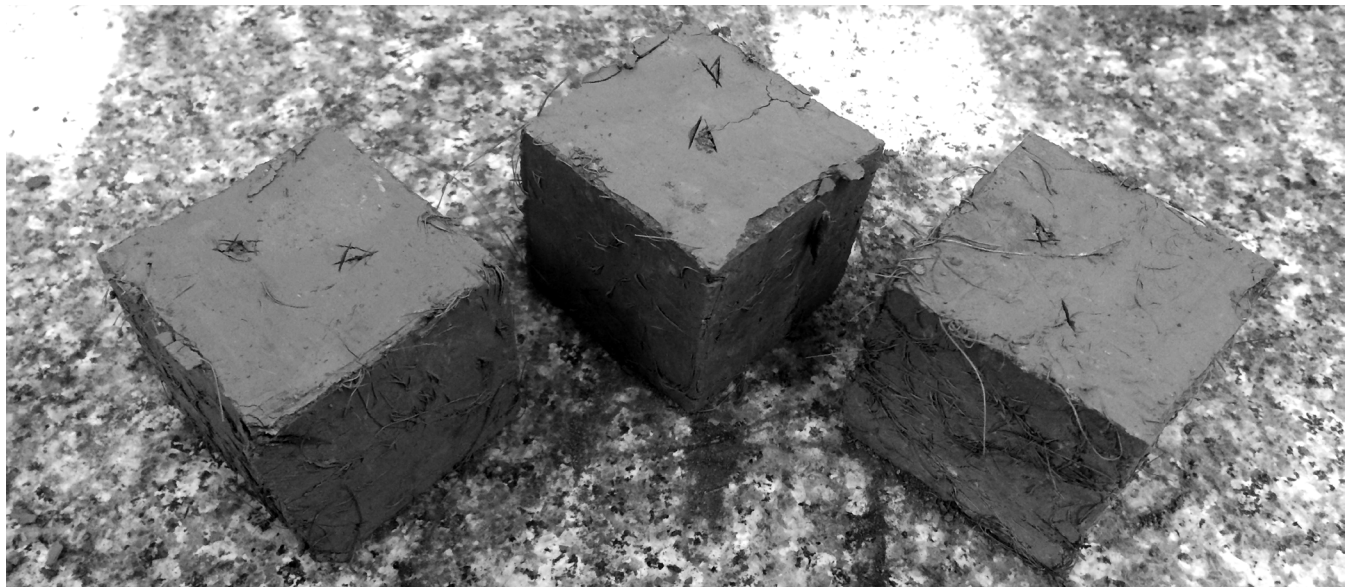
tierra Santa Ana - Quingeo (g.52).

Esta dosificación frente a las retracciones obtenidas por las muestras con aceite de linaza al 6% (0,39% de retracción), cabuya 10% (1,47% de retracción) y la dosificación tierra con cabuya 6% y aceite de linaza 3,6% (0,37% de retracción), no hubo una mejora significativa.

La retracción de la mezcla analizada se puede considerar como poco satisfactoria ya que supero al 1% que se ha determinado como satisfactorio.

t.59

Muestra	Retracción %	Promedio %
Cabuya 4% - Aceite de linaza 2,4%		
4	2,8	3,05
5	2,8	
6	3,56	



i.289

### 6.2.3 Análisis de resistencia al agua

#### Análisis a los primeros treinta minutos

La aplicación del agua en las muestras para dar inicio al ensayo de sumersión dio como resultado un proceso erosivo instantáneo, lo cual fue diferente a lo sucedió en ensayos anteriores con este estabilizante, ya que anteriormente en esta etapa no se notaba acción instantánea del agua frente a las muestras. En este caso se puede apreciar que el agua generó pequeños desprendimientos de partículas, las cuales se asentaron de manera dispersa en el fondo del envase, se puede notar además que los filamentos de cabuya expuestos en las superficies son pocos (i.290).

#### Análisis a las primeras tres horas

Durante las tres primeras horas se aprecia un proceso de sedimentación por desprendimientos alrededor de los cubos, pese a este fenómeno no se aprecia ninguna contaminación del agua, manteniéndose la transparencia y coloración inicial. Los planos superiores como es común en esta etapa de sumersión empiezan a presentar fisuras (i.291).

#### Análisis a las primeras seis horas

A partir de las tres horas del ensayo de sumersión se pueden ver que las muestras se estabilizaron, ya que desde ese periodo no han presentado cambios significativos, como se puede apreciar en la imagen i.292.



i.290



i.291



i.292





### Análisis a las veinte y cuatro horas

Las muestras se han estabilizado de excelente manera ya que al día siguiente del ensayo no presentan cambios relevantes en la morfología y fisonomía tanto en las muestras y como en el agua (i.293).

i.293



### Análisis a los ocho días

Se puede notar un ligero cambio en el volumen de las muestras, sin embargo no existe un aumento en las dimensiones de los cubos. En comparación con los mejores resultados obtenidos en cuanto a resistencia al agua, se puede ver que las estabilización a los ocho días es similar, por tanto esta dosificación presenta una buena estabilidad contra el agua (i.294).

i.294



### 6.2.4 Conclusión

Como se ha logrado determinar en ensayos anteriores el uso del aceite de linaza mejora ampliamente la trabajabilidad y plasticidad de la tierra, pero se debe tomar muy en cuenta el esparcimiento de las fibras de cabuya para evitar la aglomeración de este material en un solo lugar.

En conclusión la dosificación entre aceite de linaza, cabuya y tierra, no lograron un gran avance en cuanto a la resistencia a compresión y retracción. La resistencia a la humedad de igual manera que en los casos anteriores presenta una buena estabilidad por la presencia de aceite y fibra.

i.287 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Cabuya 4% y Aceite de Linaza 2,4% posterior a proceso de secado [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.288 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 4% y Aceite de Linaza 2,4% posterior a proceso de secado [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.289 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 4% y Aceite de Linaza 2,4% posterior a proceso de secado [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.290 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 4% y Aceite de Linaza 2,4% a los primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.291 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 4% y Aceite de Linaza 2,4% a las primeras tres horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.292 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 4% y Aceite de Linaza 2,4% a las seis horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.293 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 4% y Aceite de Linaza 2,4% a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.294 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras con Cabuya 4% y Aceite de Linaza 2,4% los ocho días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.



6.3 Mezcla 3 : Cabuya 4% guano 2, 4%

En el estudio de docificación 3, el guano fue el único material entre los tres tomados que presentó una mejora en los principales parámetros para este estudio, por lo cual se vio concerniente un nuevo analisis que permita potenciar dichas propiedades.

6.3.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

La combinación de tierra, cabuya y guano es una receta ancestral, que ha sido ampliamente usada en construcciones vernáculas, por lo cual es necesario un estudio extenso que potencie las mejores características de este. La resistencia a la compresión depende directamente de la dosificación de las materias primas, porcentajes que se determinarán a través de los diferentes materiales ya ensayados. Analizar y estudiar las primeras dosificaciones nos permiten encontrar un equilibrio entre estos, de tal manera que se optimicen las características intrínsecas de la tierra.

La disminución de los porcentajes de guano y cabuya en la tierra denotaron una ligera reducción de la resistencia (1,09%) frente a las muestras con la dosificación de cabuya 6 % y guano 3.6%, con lo que se puede determinar que la mezcla mencionada anteriormente es la que presentó los mejores resultados (g.53).

Muestra	Peso	gr	Promedio peso	Resistencia	Promedio
			gr	kg/cm2	resistencia
Cabuya 4% Guano 2,4%					
7	215,50			65	
8	0,00		71,83	56	59,67
9	0,00			58	

Los ensayos anteriores no presentaron resultados satisfactorios porque los porcentajes de aplicación estaban por encima del límite optimo, en cambio al disminuir el porcentaje de materiales de mejoramiento se lograron resultados buenos (t.60), con lo cual se puede determinar que la cantidad de cabuya y guano sumados se debe encontrarse entre un 6,4 y un 9,6% .

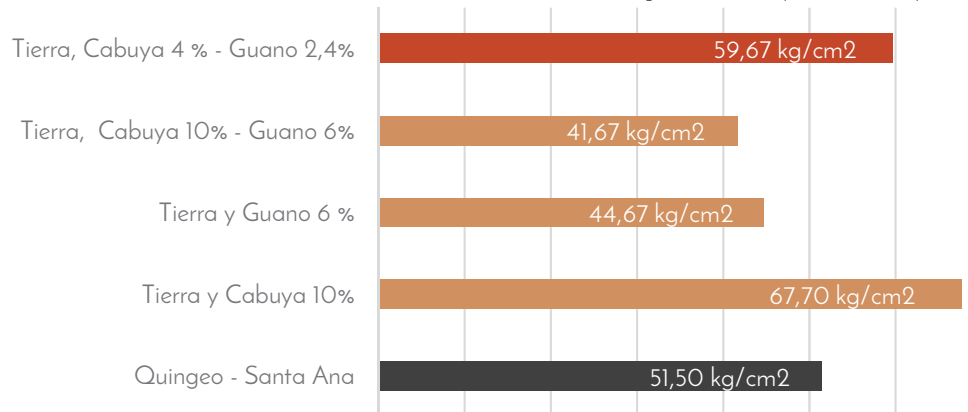
La suma de la dosificación que llegó a un 6,4 % es ideal para la mejora de las propiedades de resistencia a la compresión, además de que las muestras fracasadas solamente presentaron un ligero resquebrajamiento, por la acción de la cabuya.



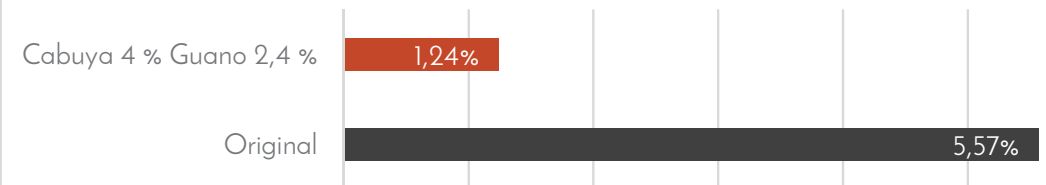




g.53 Gráfico comparativo de compresiones



g.54 Gráfico comparativo de retracciones



### 6.3.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

La dosificación analizada de guano y cabuya juntas presentaron mejoras frente a los resultados iniciales de la tierra Santa Ana - Quingeo, disminuyendo la retracción un 4,33% (g.54), se puede entender que los porcentajes analizados brindan una notable mejora en cuanto a retracción. Si se contraponen los resultados con los conseguidos anteriormente en la dosificación de cabuya 6% y guano 3,6% (0,78% retracción), se puede determinar que no ha sido un resultado totalmente satisfactorio, siendo ligeramente mayor que lo esperado.

t.61

Muestra	Retracción %	Promedio %
Cabuya 4% Guano 2,4%		
7	1,58	1,24
8	0,78	
9	1,36	



i.297



i.298



### 6.3.3 Análisis de resistencia al agua

#### Análisis a los primeros treinta minutos

Las muestras indican una reacción inmediata al entrar en contacto con el agua, notándose cambios en su fisonomía debido a desprendimientos de partículas de la superficie. Pese a la pérdida de una cierta cantidad de tierra de los planos no se aprecia la aparición de filamentos de cabuya. El agua presenta un ligero cambio de coloración, pero no se ha afectado considerablemente su transparencia (i.298).

i.299



#### Análisis a las primeras tres horas

El proceso de desgaste de las muestras es acelerado, notándose una afectación considerable sobre las superficies ya que las mismas han perdido gran cantidad de tierra. La morfología resultante ya no es exactamente la de cubos, porque los mismos ya han perdido una considerable cantidad de materia de sus esquinas. La sedimentación provocada por el desgaste ha dejado una estela de sedimentos que casi ha suturado el piso. Finalmente se puede notar que la afectación es avanzada sobre las muestras con estiércol (i.299).

i.300







### Análisis a las primeras seis horas

Nuevamente se nota una estabilización de las muestras a partir de las tres horas, en el cual no existe mayor cambio que el presentado anteriormente. El agua de igual forma mantiene la misma apariencia (i.300)

i.301



### Análisis a las veinte y cuatro horas

La sedimentación, tamaño, morfología y fisonomía de las muestras y el agua no ha variado, por lo que se puede apreciar un cierto grado de resistencia por parte de las muestras con 2,4% de guano y 4% de cabuya (i.301).

i.302



### Análisis a los ocho días

A los ocho días en la superficie del agua se puede notar la presencia de pequeñas impurezas, pero los sedimentos y el desgaste han variado levemente. El proceso erosivo actuó rápidamente limpiando las partículas de la composición periférica de los cubos, lo cual cambio su morfología en las primeras horas del ensayo, sin embargo a partir de ese periodo se ha notado una estabilización de las muestras ya que se han mantenido con una apariencia semejante hasta los 8 días del ensayo (i.302).

i.295 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Cabuya 4% y Estiércol 2,4% posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.296 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Cabuya 4% y Estiércol 2,4% previo al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.297 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Cabuya 4% y Estiércol 2,4% posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.298 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Cabuya 4% y Estiércol 2,4% a los primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

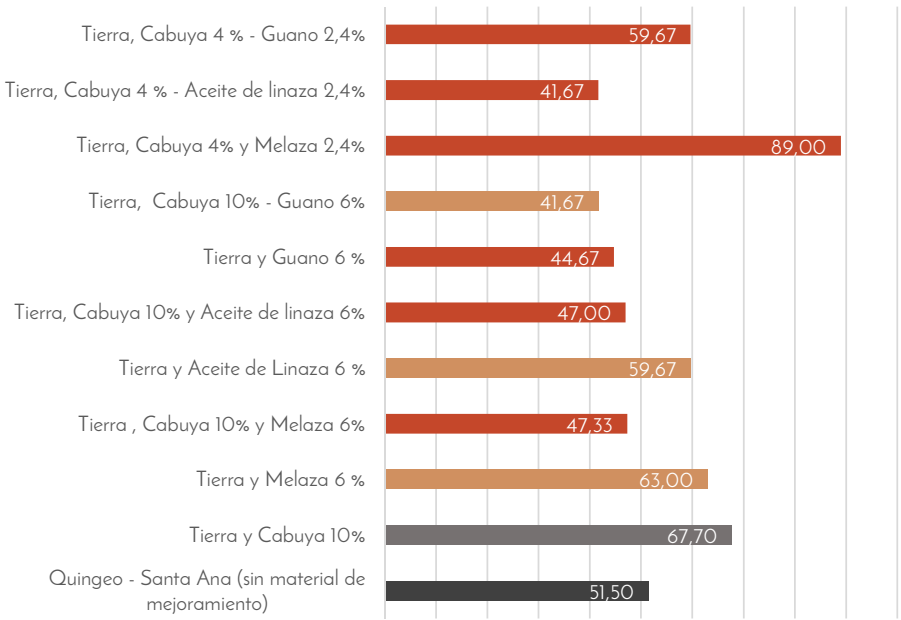
i.299 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Cabuya 4% y Estiércol 2,4% a las primeras horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.300 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Cabuya 4% y Estiércol 2,4% a las seis horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

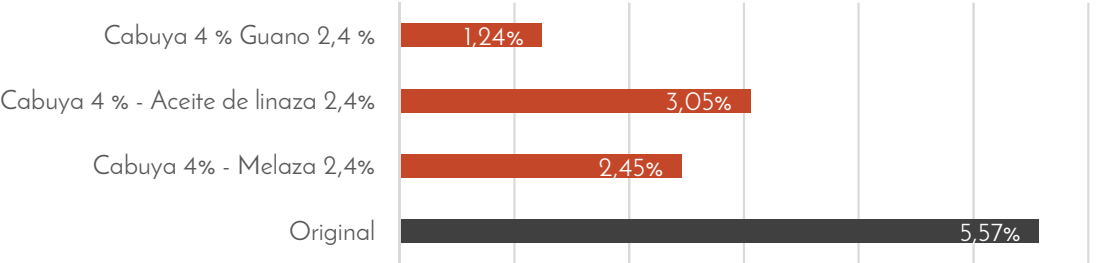
i.301 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Cabuya 4% y Estiércol 2,4% a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.302 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra con Cabuya 4% y Estiércol 2,4% a los ocho días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

g.55 Gráfico comparativo de compresiones



g.56 Gráfico comparativo de retracciones



6.3.4 Conclusión

La reducción de los porcentajes de aplicación dio como resultado la mejora de la resistencia a la compresión, retracción y resistencia al agua, por lo que disminuir la adición de cabuya y estiércol para lograr un porcentaje óptimo fue factible. Los resultados de compresión no son los mejores del estudio 4 de dosificaciones, pero si mejoraron ampliamente en comparación a los antes obtenidos.

6.4 Conclusión general

Se puede lograr una resistencia muy alta a la compresión, con pequeñas cantidades de material estabilizante. El resultado obtenido corresponde a 89 Kg/cm<sup>2</sup> (promedio), lo que es muy bueno porque es semejante a la resistencia de un ladrillo cocido, por ende en base a este parámetro y sabiendo que la resistencia al agua y la retracción son buenos, se plantea a esta como una primera mezcla óptima, contenida por 4% de cabuya y 2,4% de melaza.

Finalmente se comprobó que la cantidad de material de mejoramiento incide de manera directa sobre las propiedades de la muestra, y que dependiendo del material los porcentajes deben subir o bajar para obtener una mejor estabilización.





## 7. ESTUDIO DE DOSIFICACIÓN 5

Una vez determinados los porcentajes que cumplen los requerimientos de resistencia, retracción y resistencia al agua, se plantea un nuevo modelo de mezclas, que permitan mantener o mejorar las propiedades resultantes en el proceso anterior, usando la combinación de tres muestras. Existen diversas propiedades que deben ser tomados en cuenta a mejorar, entre ellas se encuentran las propiedades físicas como resistencia, durabilidad, etc., pero están por otro lado las propiedades que hacen que un material tenga acogida en el medio de la construcción; dichas propiedades están relacionadas al ámbito económico.

Por tanto es necesario solventar la aplicación del aceite de linaza sin perder las buenas propiedades de resistencia al agua que este material tiene, ya que el mismo es el material de mayor costo de todos los usados, que si bien es cierto no es inaccesible, pero que sería óptimo poder prescindir o reducir la cantidad de aplicación.

Se ha podido comprobar que la variación de los porcentajes de aplicación de material de mejoramiento puede potenciar hasta  $\pm 50\%$  las propiedades de una muestra estándar. Si se puede reducir al máximo los costos de la materia prima y los procesos de producción, se obtendrá un material que sea accesible, y por tanto podría tener un gran potencial en el mercado. El factor económico deberá ir de la mano con la calidad, ya que los mismos son dos factores que no se pueden deslindar.

Como se ha podido apreciar son pocos los materiales los utilizados en este estudio que presentan un alto costo económico, ya que la mayoría de los mismos son naturales, y de procesos simples

de obtención. Se ha procurado al máximo buscar soluciones alternativas a los materiales que presentan altos costos económicos y ambientales. En muchos de los casos, las dosificaciones analizadas han podido sustituir el uso de uno u material, a veces con mejores resultados, tal es el caso de la experimentación con fibras, donde se sustituyó la fibra de vidrio por la cabuya, dosificaciones que en un principio la fibra de vidrio superaba por mucho a la cabuya; realizando diversas dosificaciones se pudo ver que muchas de las cualidades de la fibra de vidrio podían ser sustituidas y mejoradas por la cabuya.

En este nuevo análisis se pretende reducir costos y mantener o mejorar los avances que se han logrado en este campo. Se tomará como principio los datos con mejores resultados en la resistencia a la compresión, resistencia al agua y retracción, para a partir de los mismos generar una nueva reestructuración de mezclas.

### Nuevas dosificaciones

Como conclusión del estudio realizado en este capítulo tenemos como resultado tres nuevas dosificaciones que se generaron a partir de los mejores resultados dados por los ensayos anteriormente realizados. Las muestras estarán compuestas en el siguiente orden:

1. Mezcla 1: Cabuya 4% Melaza 2% Aceite de Linaza 1%
2. Mezcla 2: Cabuya 4% Melaza 2% Aceite Quemado 1%
3. Mezcla 3: Cabuya 4% Melaza 1,5% Aceite de Linaza 1,5%
4. Mezcla 4: Cabuya 5,4% Aceite Quemado 1%



i.303

### 7.1 Mezcla 1: Cabuya 4%, Melaza 2%, Aceite de Linaza 1%

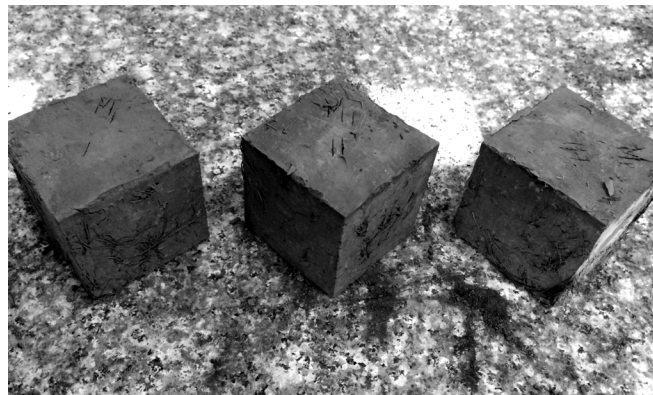
Esta muestra nace la combinación óptima obtenida entre la cabuya y melaza, misma que obtuvo el mejor resultado de resistencia a la compresión (ver sección 6.2.2). El objetivo de esta nueva dosificación es mantener la alta resistencia de la dosificación anterior, pero además adicionar una propiedad indispensable, misma que corresponde a la resistencia de la tierra al contacto con el agua.



i.304

Se ha podido apreciar en los ensayos de resistencia a la humedad que las muestras que incorporan a la melaza como material de mejoramiento tienden a disolver dicha sustancia conforme pasa el tiempo de sumersión. Por lo que la muestra va perdiendo

paulatinamente melaza, y por ende cuando vuelva a secarse habrá perdido la mayoría del material de mejoramiento, con ella sus propiedades. Se espera algún tipo de empatía entre la melaza y el aceite de linaza, de ser así se obtendrá buenos resultados, y podría potenciarse a la misma como un material para el contacto con el exterior.



i.305

#### 7.1.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

Sabiendo que la resistencia de la muestra base fue de 89Kg/cm<sup>2</sup> (g.57), se espera obtener un resultado similar. Analizando el cuadro comparativo, podemos notar que el resultado de los materiales de mejoramiento de manera individual no baja de 59Kg/cm<sup>2</sup>. Es razonable entonces que la resistencia obtenida por esta dosificación haya superado ampliamente a todos los materiales aplicados de manera aislada, lo cual es un resultado muy bueno (t.62).

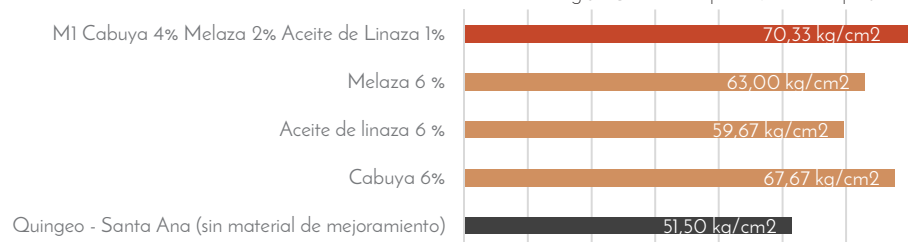


i.306





g.57 Gráfico comparativo de compresiones



g.58 Gráfico comparativo de retracciones



t.62

Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/cm2	Promedio kg/cm2
MI Cabuya 4% Melaza 2% Aceite de Linaza 1%				
1	216,40	217,10	71,00	70,33
2	218,10		74,00	
3	216,80		66,00	

Se nota que la resistencia de 70,33kg/cm<sup>2</sup> obtenido gracias a esta dosificación (t.62) está por debajo de la resistencia obtenida por la muestra base (89 Kg/cm<sup>2</sup>), pero en comparación con la muestra de tierra original sin material de mejoramiento posee un resultado bastante bueno (g.57), y podría ser acogido como material para exteriores en caso de que presente una resistencia considerable al contacto con el agua.

### 7.1.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

La dosificación actual disminuyó la retracción un 0,35% frente a la mezcla de la que se deriva (tierra, cabuya 4% y melaza 2.4%), de igual manera presenta una reducción de un 3,47% respecto de la tierra Santa Ana - Quingeo sin materiales de mejoramiento (g.58).



i.307

Se puede mencionar que aunque existió una mejora, no se la considera óptima, ya que no llega a un rango satisfactorio menor al 1% (t.63).

t.63

Muestra	Retracción %	Promedio %
M1 Cabuya 4% Melaza 2% Aceite de Linaza 1%		
1	3,2	2,10
2	0,72	
3	2,38	

7.1.3 Análisis de resistencia al agua

Análisis a los treinta minutos

La adición de agua sobre las muestras en los primeros minutos presenta reacciones leves sobre las superficies, donde la apariencia de las mismas parece casi intacta a simple vista. Realizando un acercamiento y dando una mirada más profunda, podemos confirmar la presencia de pequeños desprendimiento de material (i.308).

Durante los treinta primeros minutos la degradación es mínima, solo apreciándose pequeñas reacciones en ciertos puntos de las superficies de los cubos.

Análisis a las primeras tres horas

El proceso de degradación de mayor influencia sobre las muestras está presente en las primeras horas de sumersión, por lo que transcurrido este lapso de tiempo la directriz de la curva de



degradación por tiempo tiende a estabilizarse, lo que da como resultado una degradación pasiva.

Realizando el análisis visual de las muestras dentro del tiempo de estudio pertinente podemos notar que la degradación en comparación con el estado inicial de las muestras es notorio (i.309).

La reacción de las muestras no se presenta de manera homogénea en las tres, siendo solamente dos las que presentan un grado de resistencia. Este fenómeno se puede deber a la presencia de una mayor cantidad de material de mejoramiento en las muestras.







Una proporción estable de material de mejoramiento, dará una mejor resistencia al contacto con el agua. El uso de material de mejoramiento en porcentajes adecuados ayuda notablemente a la resistencia con el contacto con el agua.

#### Análisis a las seis horas

Como se pudo observar, la degradación física de las muestras se ha estabilizado a partir de las seis horas, es decir que el cambio presente en las muestras tres horas después no es notorio. La sedimentación de partículas alrededor de las muestras prácticamente no presenta variación respecto al análisis anterior (i.310).

i.310



#### Análisis a las veinte y cuatro horas

Si bien es cierto la degradación visual es casi despreciable, en este punto la sedimentación de residuos de tierra no es mayor que antes, pero el agua que contiene las muestras presentan una contaminación por restos de tierra. Las muestras no presentan una reacción homogénea, como se había expuesto anteriormente, por lo que una de dos muestras es la que presenta una degradación notoria en sus superficies, proyectando restos de tierra sedimentada alrededor del cubo, por otra parte se tiene dos muestras con un grado de desintegración bastante disminuida respecto a la muestra más afectada (i.311).

i.311



#### Análisis a las cuarenta y ocho horas

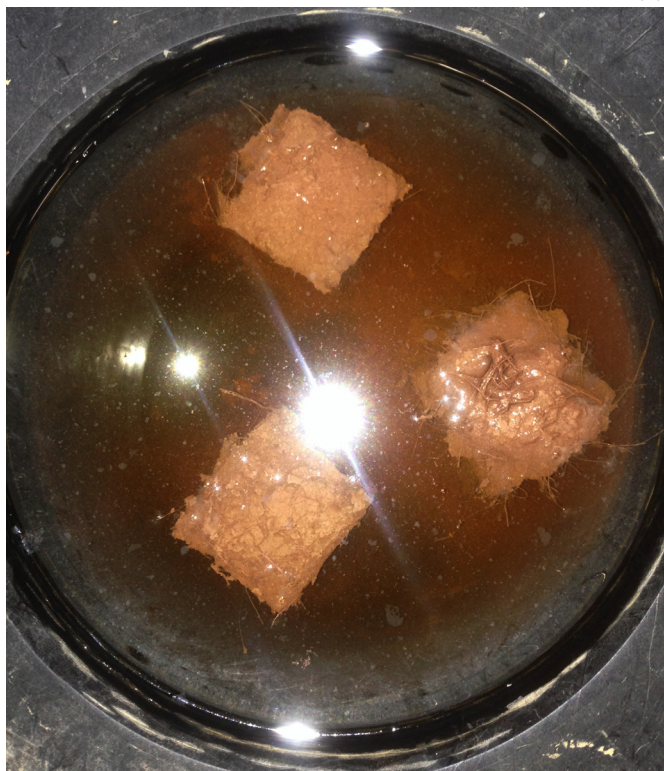
Como se ha mencionado, la tendencia de degradación es bastante acelerada en los primeros minutos, ya que la reacción que cada muestra presenta es instantánea al contacto con el agua, presentando reacciones que varían de agresivas a leves en cuando a degradación de superficies respecta.

Visualmente en este periodo de tiempo, en comparación específica respecto al análisis anterior no se ha notado ninguna variación significativa (i.312).

i.312



Por ende podemos notar que la tendencia de degradación como se esperaba se estabilizará, donde la desintegración de las muestras será pausada. Por el momento podríamos decir que el desprendimiento de partículas en el periodo de tiempo comprendido entre 24 y 48 horas es nulo (i.312).



i.313

#### Análisis a los cuatro días

El tiempo transcurrido desde el último análisis (48 Hrs) es de casi el doble, por lo que los cambios en las muestras podrían ser bastante notorias. Realizando la observación pertinente podemos notar que la variación es ínfima y despreciable, ya que el perímetro de sedimentación presente es la misma que en el anterior análisis.

De la misma manera se mantiene el estado físico de los dos cubos de menor degradación y de la muestra con mayor desprendimiento de partículas. Por lo que podemos decir que por el momento la degradación se ha estabilizado.

#### Análisis a los seis días

La degradación de las muestras avanza muy lentamente, casi es imperceptible los cambios de un intervalo de tiempo a otro. En una observación inicial podemos decir que no existe variación, pero si se observa más detenidamente se puede notar la aparición de una fisuración en uno de los cubos en buen estado.

Se tiene también que en las superficies de los cubos hay indicios de un afloramiento de filamentos de cabuya, lo cual indica que existe una pequeña cantidad de tierra desprendida, fenómeno que se confirma con dificultad debido a que el perímetro de sedimentación no ha cambiado por mucho. Se puede decir por tanto que existe un avance en el proceso de degradación de las muestras, pero que el mismo es pausado.

#### Análisis ocho días

Se puede notar que el agrietamiento presente en el análisis anterior se ha acentuado más, donde las fisuras presentan una mayor dimensión en ancho y largo. También se puede apreciar la aparición de nuevas grietas de carácter leve en el segundo cubo con menor desgaste. En cuanto a la muestra más afectada se observa un desgaste por desplome de partículas de tierra, fenómeno que se aprecia por el aumento del perímetro de sedimentación (i.313).

#### 7.1.4 Conclusión

Como se esperaba el cometido de este estudio dio buenos resultados, ya que se logró los objetivos para esta dosificación. La resistencia a la compresión alcanzó un valor bastante bueno, que no supera a la máxima resistencia obtenida pero se encuentra muy cerca, y para el estudio es suficiente.

En cuanto a retracción no se logró 1% pero el valor alcanzado es admisible. Finalmente se pudo reducir la cantidad de aceite de linaza y lograr una excelente resistencia al agua, ya que concluido el ensayo las muestras se mantuvieron con la misma consistencia hasta que el agua se secó.





## 7.2 Mezcla 2 : Cabuya 4%, melaza 2%, aceite quemado 1%

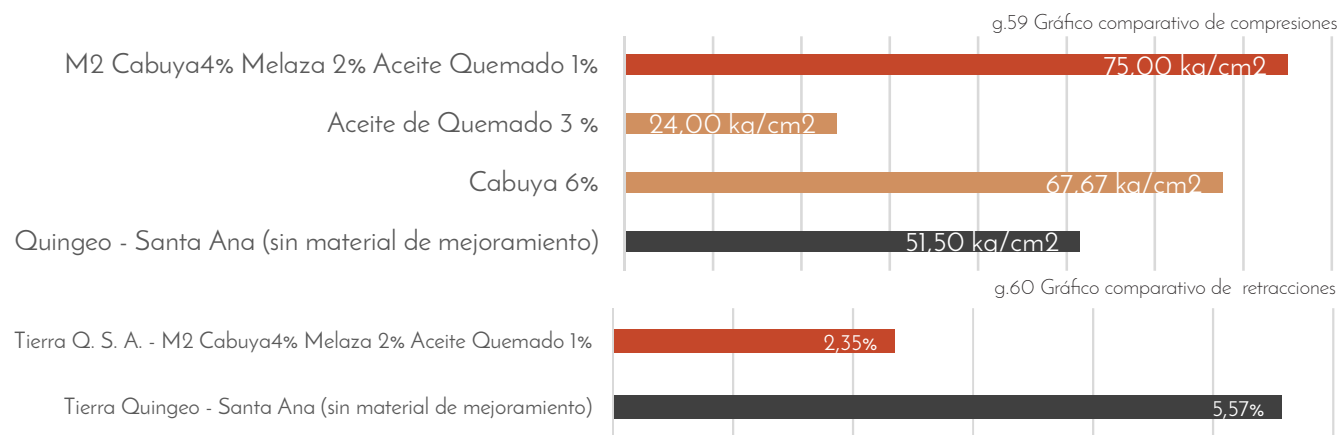
Al igual que en el ensayo anterior se busca la reducción del aceite de linaza, por lo que en este caso se restringe su uso para sustituirla por aceite quemado, mismo que si tiene un resultado favorable podría ayudar a reducir por mucho el coste de los materiales de estabilización.

### 7.2.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

i.314

- i.303 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras de estudio de dosificación 5 luego del ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.304 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras de estudio de dosificación 5 luego del ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.305 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M1 previo al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.306 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra M1 posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.307 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M1 posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.308 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M1 a los primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.309 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M1 a las tres horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.310 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M1 a las seis horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.311 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M1 a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.312 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M1 a las cuarenta y ocho horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.313 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M1 a los ocho días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.





Se ha demostrado con esta nueva formulación que se puede superar el resultado obtenido con la mejor fibra, misma que corresponde a la fibra de vidrio. Por lo cual el uso de materiales sin procesos complejos de producción son una buena alternativa.

t.64

Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/cm2	Promedio kg/cm2
M2 Cabuya4% Melaza 2% Aceite Quemado 1%				
4	221,90	220,97	66	75,00
5	220,90		76	
6	220,10		83	

En lo que respecta a resistencia a compresión el aceite quemado no ha sido un buen componente, ya que en los ensayos realizados con la aplicación de muestras individuales el mismo dio la resistencia más baja, como se puede apreciar en la sección 3.8.2. Se ha optado por realizar nuevas pruebas con la incorporación de este material, ya que la finalidad de este nuevo estudio es la reducción de costos pero manteniendo buenos estándares de resistencia a la compresión y el contacto del material con el agua.

No se ha podido determinar un factor de reacción común para las muestras de tierra en conjunto con un material de mejoramiento, pues las reacciones que pueden existir son igual de variadas que las mismas dosificaciones que se pueden realizar. Tal es el caso de lo sucedido en esta nueva dosificación, como se puede apreciar en el cuadro comparativo g.59, el resultado de la nueva combinación supera ampliamente a las muestras individuales y se acerca al mejor resultado obtenido con 4% de Cabuya y 2.4% Melaza.

El resultado que se ha llegado a obtener se mantiene dentro del estándar requerido (t.64), superando ampliamente a la muestra de tierra estándar.







### 7.2.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

La combinación de aceite quemado, tierra, cabuya y melaza tuvo la intención de generar un decremento en la retracción, y los resultados logrados mostraron la mínima reducción (0.15%) frente a la mezcla 1; aunque como la gran mayoría de las muestras con materiales de mejoramiento disminuyó notablemente la retracción respecto a la tierra Santa Ana - Quingeo (g.60).

Según los resultados conseguidos no se llega a un rango satisfactorio menor al 1% de retracción pero es un resultado aceptable (t.65).

t.65

Muestra	Retracción %	Promedio %
M2 Cabuya 4% Melaza 2% Aceite Quemado 1%		
4	2,48	2,35
5	2	
6	2,56	

### 7.2.3 Análisis de resistencia al agua

#### Análisis a los 30 minutos

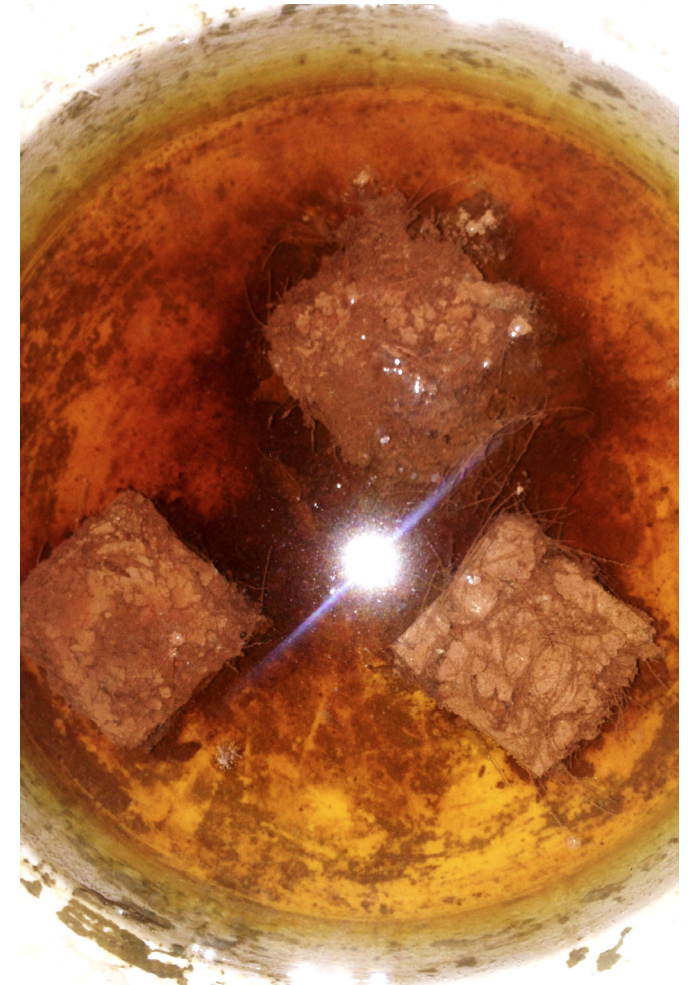
La reacción presentada en esta nueva dosificación no fue instantánea, donde las muestras lucieron superficialmente un aspecto aparentemente sano. Las superficies de los cubos no presentan desmoronamiento ni sedimentación mostrando aristas y caras integrales. Un acercamiento a las superficies de los cubos revela el apareamiento de pequeñas fisuras, de aspecto poco visibles (i.317).



i.317

#### Análisis a las tres horas

En este periodo de tiempo se puede notar que el aspecto ha variado considerablemente desde el punto inicial de partida. El primer cambio relevante se encuentra en la coloración del agua, misma que ha tomado un color marrón claro (i.318). El aspecto de las muestras revela que solo dos de tres presentan una



i.318

resistencia al contacto con el agua, la tercera muestra presenta desmoronamiento de aristas y parte de sus superficies, producto del cual ha generado una estela de sedimentos alrededor de este cubo. Las dos muestras menos afectadas presentan un desgaste leve en sus aristas y superficies, por lo que la sedimentación alrededor de las mismas es mínima (i.318).

#### Análisis a las seis horas

La degradación de las muestras tres horas más tarde del último análisis revela que la degradación en las dos muestras con menor desgaste es mínimo, mostrando un aspecto similar al anterior. La muestra mayormente afectada demuestra un desprendimiento adicional respecto a la última observación.

Un fenómeno que es mayormente apreciable en este punto sobre la muestra más desgastada, es el afloramiento de filamentos de cabuya en conjunto con una coloración marrón más intensa y una estela más grande de sedimentos. Estas reacciones suscitadas indican que el agua ha penetrado con mayor fuerza en los bloques, diluyendo la melaza contendida al interior de los mismos, siendo esta la que provee de resistencia a los cubos el desmoronamiento se desarrolla con mayor facilidad, tenido a la cabuya como único elemento que ayuda a contrarrestar este fenómeno (i.319).

#### Análisis a las veinte y cuatro horas

En este punto la coloración marrón del agua es más intensa, dificultando levemente la visibilidad hacia los cubos; como se expuso antes, la coloración indica mayor o menor desprendimiento de melaza. Superficialmente podemos exponer que el aspecto físico de las muestras es el mismo, pero por el tono del agua

sabemos que el desprendimiento de melaza y parcialmente de tierra continua, pero de una manera pausada (i.320).



i.319



i.320





### Análisis a las cuarenta y ocho horas

A las cuarenta y ocho horas de sumergidas las muestras se puede notar que la apariencia respecto la última observación no ha variado considerablemente, y en este caso tampoco la coloración del agua ha cambiado, por lo que deducimos que el proceso de degradación continúa pero demasiado pasivo como para notarlo en este lapso de tiempo, por lo cual el siguiente análisis tratará de realizarse en el doble del tiempo hasta el ahora trascurrido.

### Análisis a los cuatro días

El proceso de degradación de las muestras a los cuatro días de sumersión parece haberse estabilizado ya que respecto al análisis anterior no se percibe cambios, ni en cuanto a la estela de sedimentación, ni a la coloración del agua, y tampoco respecto al estado físico de los cubos (i.321).

### Análisis a los seis días

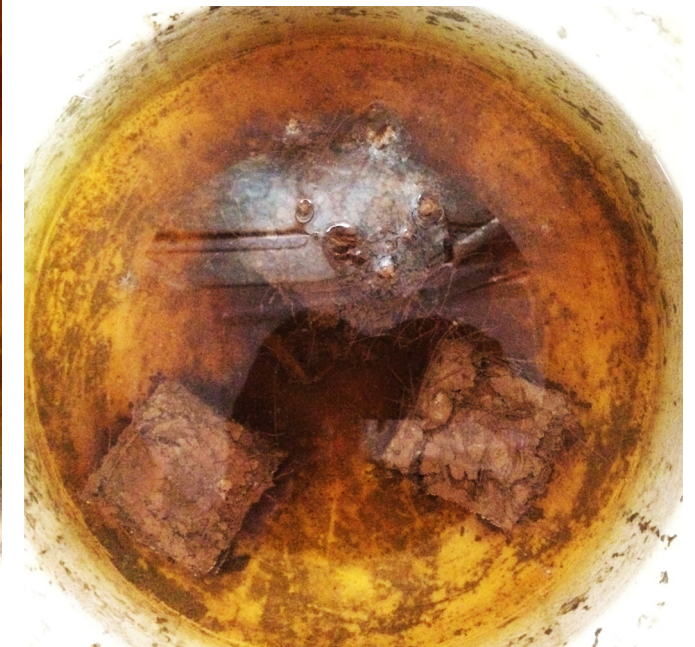
En este nuevo periodo de tiempo el estado no parece haber variado mayormente. Se aprecia que el estado físico de las muestras de mejor apariencia no ha cambiado, ya que sus superficies y aristas se han mantenido, no se puede garantizar que el desprendimiento de melaza haya cesado, pero si podemos decir que el aspecto se mantiene. El caso de la muestra restante es diferente ya que la misma demuestra un desgaste mayor, además que hay un aumento en la sedimentación alrededor de la misma.



i.321

### Análisis ocho días

Existe una variación mucho más notoria donde se puede ver una degradación y desgaste de superficies y aristas, en especial en el bloque más afectado. La coloración del agua se ha tornado densa y difusa. También se puede apreciar una mayor cantidad de residuos alrededor de las muestras. Una de las dos muestras con menor degradación presenta agrietamientos, pero estas últimas conservan aun su morfología de cubo, no siendo así la muestra restante (i.322).



i.322

## 7.2.4 Conclusión

En esta dosificación también se obtuvo buenos resultados, ya que se logró los objetivos planteados para esta nueva dosificación. La resistencia a la compresión alcanzó un valor alto, que no supera a la máxima resistencia obtenida pero se acerca. Los resultados de esta dosificación tienen un mérito mayor que el del ensayo anterior, ya que el aceite quemado en la primera etapa alcanzó una resistencia no mayor a 24 Kg/cm<sup>2</sup> (ver inciso 3.8.2). En cuanto a retracción no se logró 1% pero el valor alcanzado es admisible. Finalmente se lograron en general excelentes resultados, ya que todos son propicios para aplicar en este estudio. Se obtuvieron avances en cuanto a resistencia, retracción y resistencia al agua, mismos que luego de concluido el ensayo permanecieron más de dos meses hasta que el agua se secó por completo del envase.



i.323

i.314 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultado de resistencia a la compresión por una muestra m2 [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.315 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M2 posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.316 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra M2 posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.317 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M2 los primeros minutos del

ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.318 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M2 a las tres horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.319 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M2 a las seis horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.320 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M2 a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.321 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M2 a los cuatro días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.322 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M2 a los ocho días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.323 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M2 posterior al proceso de secado [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.





### 7.3 Mezcla 3 : Cabuya 4%, Melaza 1,5%, Aceite de linaza 1,5%

Esta mezcla de tres elementos en base a la adición simétrica de melaza y aceite de linaza busca determinar el aumento o disminución de las propiedades de esta mezcla.

De igual manera que los ensayos anteriores, este estudio de dosificaciones busca mejorar las prestaciones mecánicas y físicas.

#### 7.3.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

En el afán de mantener la resistencia obtenido con la formulación de 4% de cabuya y 2,4% de melaza, se ha generado una tercera combinación que incorpore en porcentajes equitativos al aceite de linaza y a la melaza. La tercera mezcla está compuesta por lo tanto por 1,5% de linaza, 1,5% melaza y 4% de cabuya.

Se puede apreciar en el cuadro t.66 que la resistencia obtenida es de 66 Kg/cm<sup>2</sup>, un dato que es superior en comparación al resultado obtenido por sus partes, excepto el dato obtenido por la fibra, mismo que difiere con solo 1,67Kg/cm<sup>2</sup>, esta variación se podría decir que es mínima (g.61). Los resultados que se han obtenido en esta reformulación difieren de los obtenidos en los ensayos anteriores los cuales por lo general no superaban a las resistencias derivadas de sus partes, a excepción de pocas muestras, mismas que cuando lograban superar lo hacían ampliamente.



i.324



i.325

Sabiendo que en la mezcla número uno se realizó la misma base, pero con una variación de tan solo 0,5% en cada material, se podría suponer que la resistencia a la compresión va a presentar un resultado similar al de la mezcla uno.

t.66

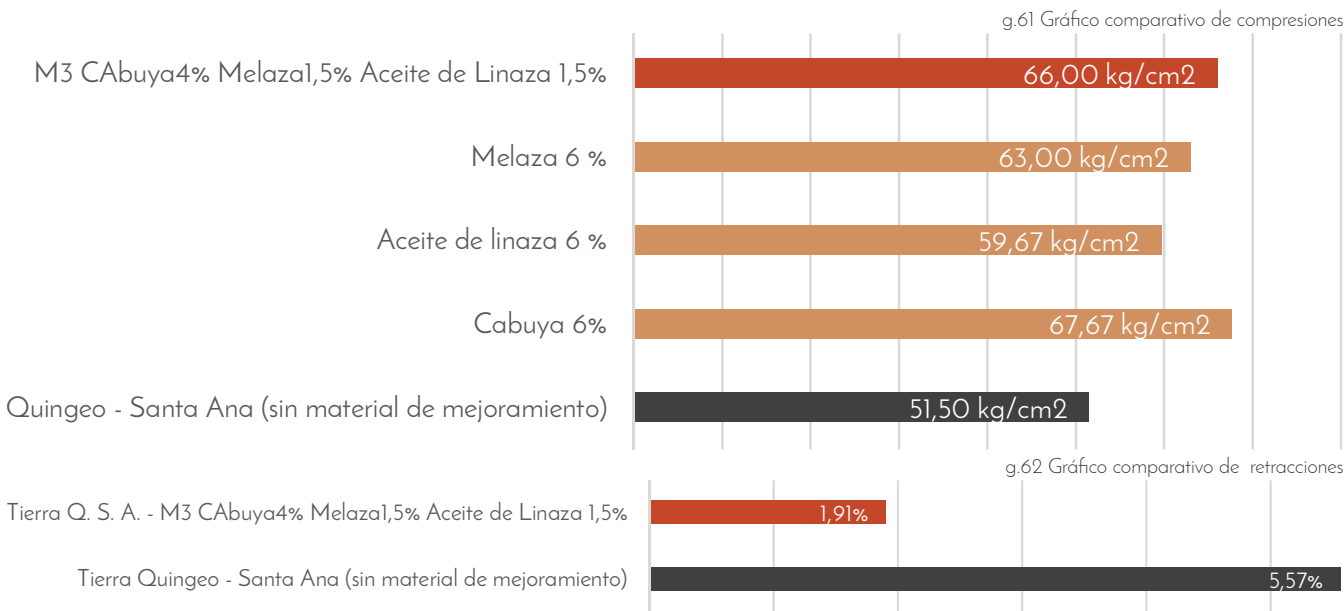
Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
M3 CABuya4% Melaza1,5% Aceite de Linaza 1,5%				
7	211,90	214,33	66	66,00
8	213,40		66	
9	217,70		66	

#### 7.3.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

La retracción también logro una reducción considerable respecto a la tierra original de Santa Ana - Quingeo (g.62), pero también supero a la mezcla 1 y 2 de este estudio. De igual manera no se alcanzó la mejora óptima de 1% (t.67), pero el resultado obtenido no difiere por mucho del deseado.

t.67

Muestra	Retracción %	Promedio %
M3 CABuya4% Melaza1,5% Aceite de Linaza 1,5%		
7	0,96	1,91
8	4,4	
9	0,36	



### 7.3.3 Análisis de resistencia al agua

#### Análisis a los 30 minutos

Aparentemente no existe reacción inmediata de las muestras al contacto con el agua al igual que las combinaciones anteriores. Visualmente existe ausencia de sedimentación, desprendimiento de melaza, desmoronamiento o erosión de superficies y aristas (i.327).

#### Análisis a las tres horas

En este punto del análisis se puede notar el efecto erosivo del agua







sobre las muestras. Una de las tres muestras presenta un aspecto poco desgastado de sus aristas, pero al interior de su plano superior se puede apreciar agrietamientos, debido a que la muestra presenta hinchamiento por absorción de agua. El segundo cubo presenta una degradación homogénea con aristas redondeadas sutilmente y las superficies muestran pequeños agrietamientos. Por último la muestra final y la más afectada del conjunto luce superficies muy desgastadas en especial la superior, misma que ha perdido gran cantidad de tierra en todo el perímetro de la arista superior, en este cubo es notorio la aparición de fibras de cabuya. En general las muestras no demuestran gran pérdida de melaza, ya que si bien es cierto existe una tenue coloración marrón, la cual es poca en relación a la presente en otras muestras a esta altura del ensayo. (i.328)

i.328



### Análisis a las seis horas

La variación de las muestras del periodo anterior al actual no es significativo ya que la apariencia visual de las muestras se ha mantenido en cuanto a sedimentación, erosión y desgaste. De la misma manera la coloración del agua no ha variado significativamente, pero se puede ver que la tonalidad se intensificó levemente a causa del desprendimiento de melaza y partículas de los cubos.

Por ende podemos decir que la velocidad de degradación ha disminuido (i.329).

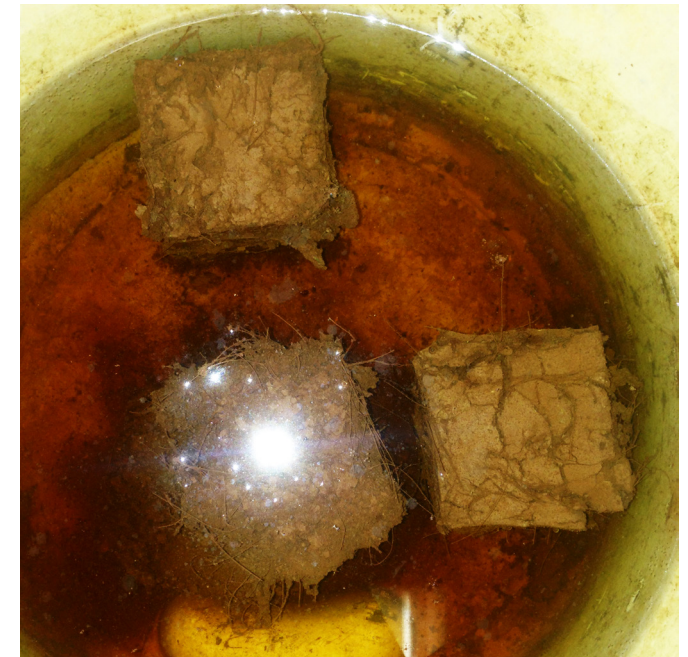
i.329



### Análisis a las veinte y cuatro horas

En este lapso de tiempo se puede notar leves cambios, como el aumento de sedimentos alrededor de las muestras y un aumento en la coloración del agua, la cual tiende a marrón, sin embargo los cambios son sutiles en comparación a las muestras anteriores. La muestra que presenta mayor desgaste es la única que va variando durante este proceso, porque las muestras restantes aparentemente se mantienen iguales (i.330).

i.330



#### Análisis a las cuarenta y ocho horas

Nuevamente entre estos dos últimos periodos de análisis la reacción de degradación parece no ser visible ya que no se distinguen cambios relevantes en forma, coloración de agua y sedimentación. Los agrietamientos se mantienen estables y no existe aparición de nuevas grietas (i.331).

i.331



#### Análisis a los cuatro días

De entre todas las muestras analizadas esta es la que presenta un proceso de degradación extremadamente pasivo a partir de las seis horas, es decir que la sedimentación y erosión de los cubos prácticamente se estabiliza a partir de este periodo, debido a que las mismas mantienen un estado físico casi invariable.

i.332



#### Análisis a los seis días

Las muestras no presentan variación en ninguno de los parámetros de análisis. Aparentemente no hay cambios, pero el proceso de degradación de las muestras es lento, por ende imperceptible en periodos cortos de tiempo.

#### Análisis los ocho días

Al momento se distingue que la única variante perceptible visualmente no está en la apariencia de los cubos porque los mismos se mantienen constantes durante transcurso del tiempo de este ensayo, por el contrario se nota un ligero cambio en la coloración del agua, misma que es tenue como se observa en la imagen i.332.

El cambio de color de la solución ha adquirido un marrón más intenso, pero esta coloración en comparación con el resto de muestras analizadas aún sigue siendo ínfimo, por lo que se supone el desprendimiento de la melaza se desarrolla de manera pausada. Finalmente se puede apreciar que la estabilidad presentada por esta muestra es aceptable ya que el 66,66% de los cubos mantienen una morfología poco afectada (i.332).

#### 7.3.4 Conclusión

Hace falta solo una variación muy pequeña para que los resultados cambien, ya que como se puede observar en este caso, la resistencia a la compresión con solo una variación de 0,5% de





material, bajó cerca de 5 Kg/cm<sup>2</sup>, pero respecto al ensayo de resistencia al agua se pudo observar un gran progreso, ya que la melaza presentó un mínimo desprendimiento y la constitución de las muestras fue bastante buena ya que luego del ensayo aun presentaban resistencia. Cabe recalcar que las muestras duraron más de dos meses sumergidas.

i.324 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M3 posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.325 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M3 posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.326 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M3 posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.327 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M3 durante los primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.328 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M3 durante las primeras horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.329 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M3 a las seis primeras horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

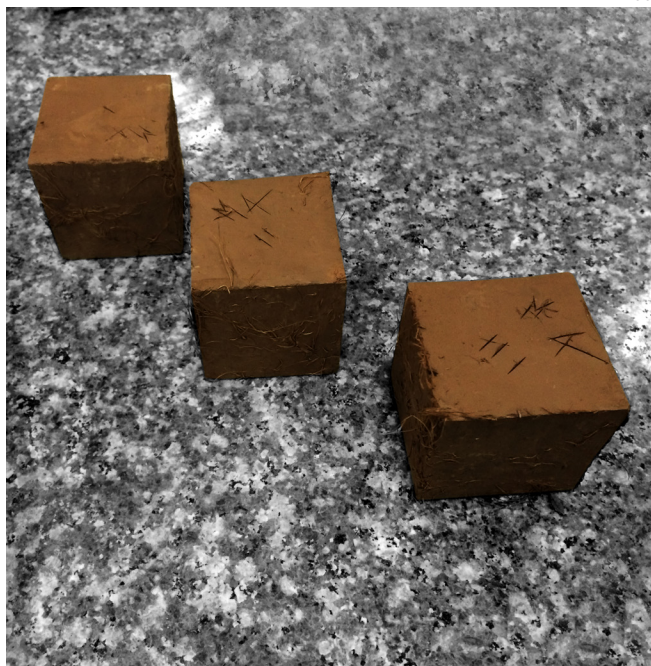
i.330 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M3 a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.331 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M3 a las cuarenta y ocho horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.332 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M3 a los ocho días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

#### 7.4 Mezcla4: Cabuya 5,4%, Aceite Quemado 1%

El uso de fibras en conjunto con la tierra mejora drásticamente su comportamiento en cuanto a la resistencia a la compresión además del acabado final de esta. El uso de la cabuya como un material de estabilización mejora el amarre de partículas de tierra, de manera que estas se entrelazan formando un cuerpo único con lo que se mejora su comportamiento frente a la fuerza a compresión.



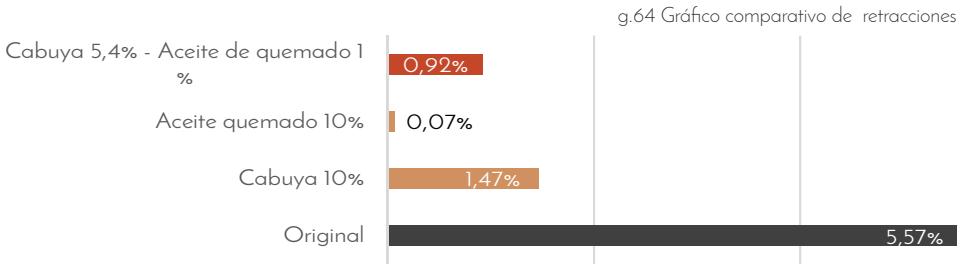
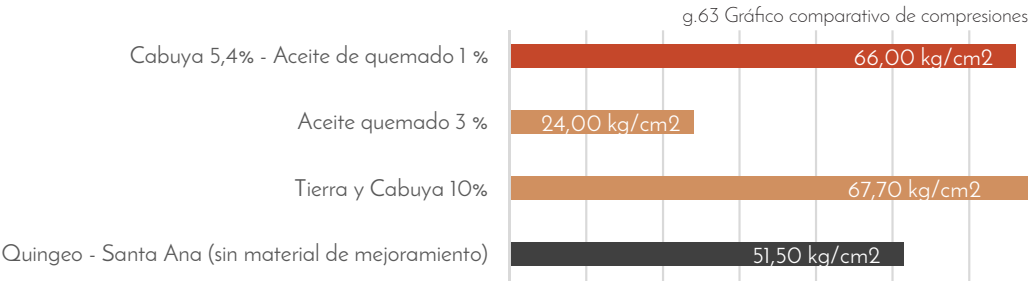
Junto a estas grandes mejoras en cuanto a resistencia se ha determinado una influencia benigna en cuanto a disminución de la retracción, ya que las fibras actúan como reguladores de la cantidad de agua, causa por la cual es necesaria la profundización en el análisis de este material, con el fin de reforzar posibles falencias que este pudiera presentar.

La humedad es un factor a tomar en cuenta cuando se usa tierra como materia prima, ya que esta pierde sus propiedades al estar en contante contacto con el agua, motivo por el que es preciso la mejora de dichas características con el afán de minimizar el efecto del agua sobre la tierra. El aceite quemado es un material que tiene la propiedad de aumentar la resistencia frente a la humedad; las ventajas de este material frente al aceite de linaza es su bajo costo y el bajo porcentaje requerido para dicha mejora.

##### 7.4.1 Estudio y análisis de resultados de compresión

La cabuya 10% junto con tierra mostró una mejora en cuanto a la resistencia a la compresión (g.63), en comparación con la mezcla conformada por aceite quemado en un 1% y cabuya 5,4% se puede apreciar una reducción del 2,5% de la resistencia, porcentaje que es mínimo teniendo en cuenta que para este estudio la cabuya se redujo a casi a la mitad del porcentaje óptimo.

Muestra	Peso gr	Promedio peso gr	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
Cabuya 5,4% - Aceite de quemado 1%				
1	220,10	218,47	66,00	66,00
2	216,90		66,00	
3	218,40		66,00	



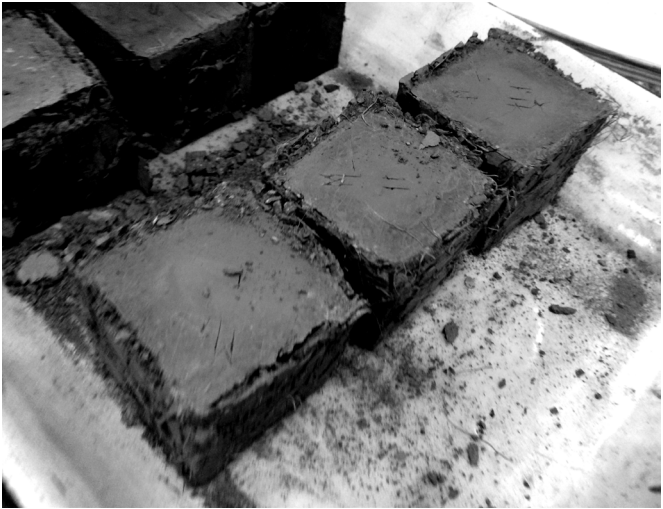
En anteriores ensayos se pudo determinar resultados negativos del aceite quemado en la tierra, por lo que debido a la disminución en la resistencia a la compresión de una manera significativa (g.63); se vio la necesidad de reducir la cantidad de dicho material y complementarlo con cabuya.

Se puede apreciar que las muestras ensayadas no lograron sobrepasar la resistencia a la compresión de la mezcla con cabuya 10%, pero se logró un notorio avance frente a las muestras de tierra Santa Ana - Quingeo sin materiales de mejoramiento y especialmente a la mezcla con 3% de aceite quemado (g.63).

7.4.2 Estudio y análisis de resultados de retracción

t.69

Muestra	Retracción %	Promedio %
Cabuya 5,4% - Aceite de quemado 1%		
1	0,96	0,92
2	1,44	
3	0,36	



La retracción ha sido un aspecto donde la gran mayoría de materiales de mejoramiento han tenido resultados positivos, no obstante pocos materiales han llegado a una retracción menor al 1 %, con lo que los resultados de la mezcla entre de tierra, cabuya y aceite quemado (0,92 % de retracción) son claramente

satisfactorios (t.69). Aunque la retracción sea considerablemente buena no logró mejorar lo que se logró con la adición de aceite quemado de manera individual, pero frente a las muestras de tierra y cabuya, y la de Santa Ana - Quingeo sin materiales de mejoramiento mejoró considerablemente (g.64).





### 7.4.3 Análisis de resistencia al agua

#### Análisis a los primeros treinta minutos

Esta dosificación presentó una reacción instantánea al entrar en contacto con el agua, notándose fisuración en los planos superiores y desprendimientos de partículas. El agua pese a tener partículas desprendidas de tierra no se contaminó, manteniéndose clara e incolora (i.336).

i.336



#### Análisis a las primeras tres horas

Se puede notar un avance progresivo y acelerado de desgaste, ya que las muestras han perdido gran parte de partículas a más de presentar una fuerte absorción de agua, lo que se comprueba por el aumento de las dimensiones de los cubos. La pérdida de partículas de tierra provocó que los filamentos de cabuya quedaran expuestos al exterior. En general se puede visualizar un desgaste considerable en las muestras (i.337).

i.337



#### Análisis a las primeras seis horas

Las muestras presentan una degradación directamente proporcional al tiempo de sumersión, ya que no existe hasta el momento una estabilización contra el agua. Los sedimentos desprendidos han cubierto gran parte del fondo del envase. Respecto a la morfología se puede apreciar que los cubos han

cambiado considerablemente, apreciándose a los mismos como elementos redondeados (i.338).

#### Análisis a las veinte y cuatro horas

A partir del último análisis se nota un leve cambio de las muestras por un aumento de desprendimientos e incremento de volumen de las muestras (i.339).

i.338





i.339

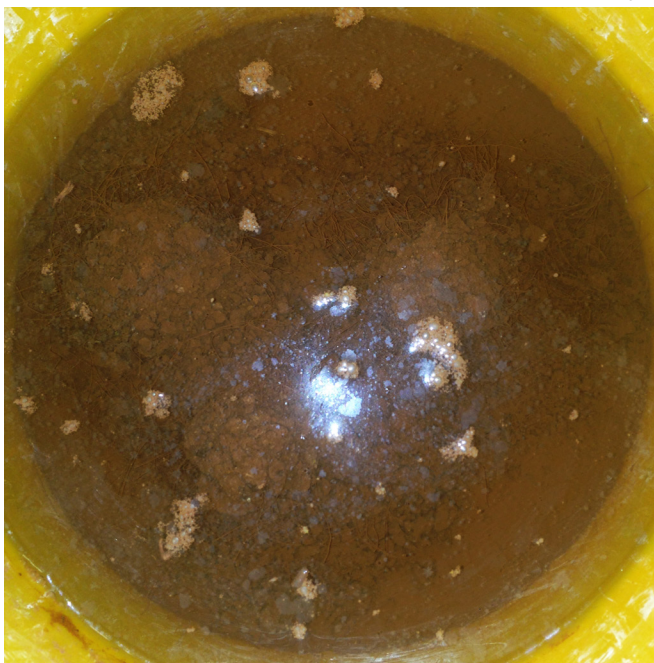


El agua hasta este punto no presenta cambios en su coloración y transparencia, debido a que la presencia de variaciones sobre las muestras aun es considerable, no se puede decir que las muestras han alcanzado una estabilidad (i.339).

#### Análisis a los cuatro días

Se puede notar que la pérdida de partículas por parte de las muestras ha aumentado considerablemente, ya que estas indican la pérdida total de sus aristas y superficies planas, adquiriendo la forma de esferas comprimidas (i.340).

i.340



i.341







La sedimentación también ha aumentado ya que muestra una saturación total del fondo del envase. El agua por otro lado presenta una ligera contaminación por impurezas acentuadas en la superficie (i.340).

#### Análisis a los ocho días

Las muestras no mostraron estabilidad contra el agua en ningún punto del ensayo, ya que el desgaste fue progresivo. Para esta altura del ensayo los cubos ya habían sido desintegrados casi por completo quedando en pie solo una, la misma que perdió sus propiedades morfológicas y fisonomías, las otras muestras fueron reducidas a montículos. Finalmente se puede decir que esta dosificación no presenta propiedades aceptables para dar una estabilidad contra el agua (i.341).

#### 7.4.4 Conclusión

La mejora de las características intrínsecas de la tierra es de gran importancia, la mezcla de la tierra con cabuya y aceite quemado según lo analizado mostró una mejora en la trabajabilidad, por lo que esta dosificación presentó una buena resistencia a la compresión.

Un aspecto negativo de esta composición es su baja resistencia a la humedad lo que lo descarta del análisis y aplicación en los paneles de tierra, ya que esta característica es primordial para este estudio.

El aceite quemado a pesar de ser un material que haya logrado una excepcional resistencia a la compresión y una retracción menor al 1%, no presenta resultados que sobrepasen a los de

materiales de mejores prestaciones ensayados en este estudio. Sin embargo el aceite de quemado en compañía de la cabuya presentó una mejora respecto a si mismo aplicado de manera individual y se acercó por mucho al resultado obtenido por la cabuya al 10%.

- i.333 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M4 posterior al proceso de secado [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.334 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M4 posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.335 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestra M4 posterior al ensayo de compresión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.336 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M4 a los primeros minutos del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.
- i.337 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M4 a las primeras horas del

ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.338 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M4 a las primeras seis horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

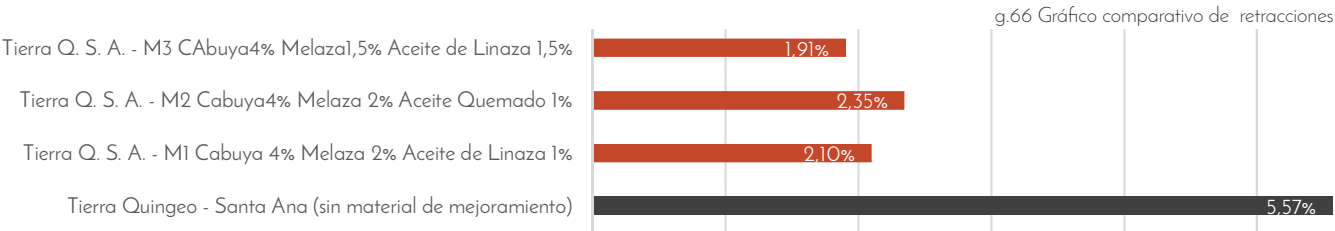
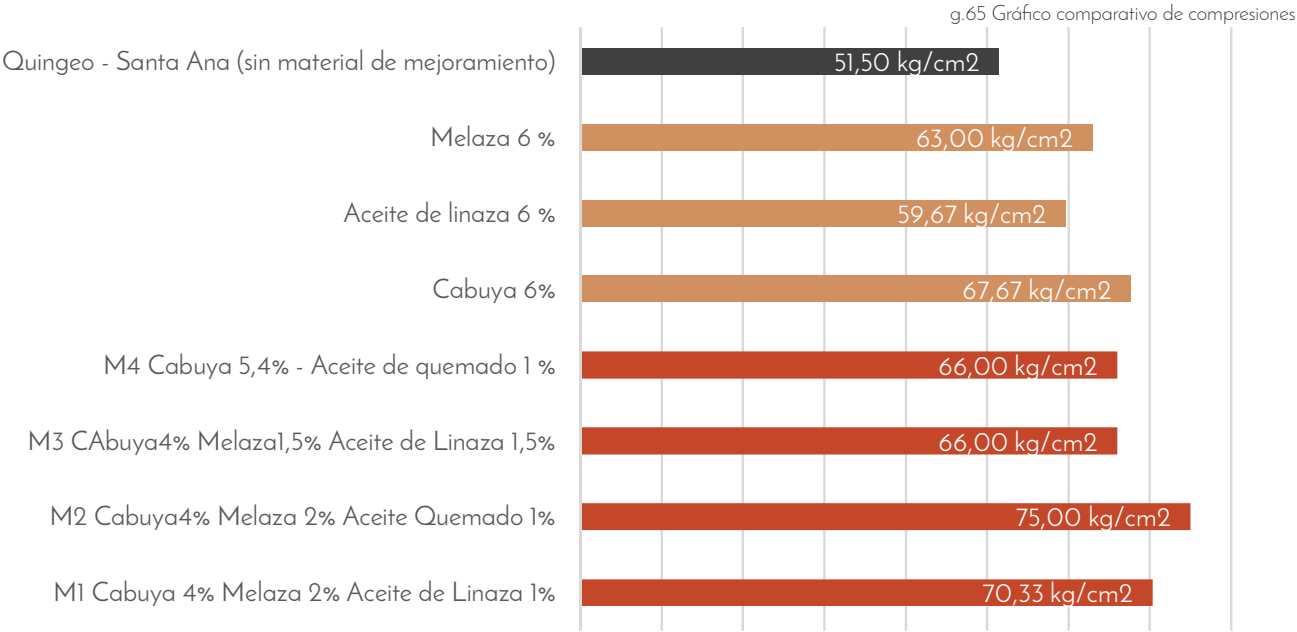
i.339 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M4 a las veinte y cuatro horas del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.340 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M4 a los cuatro días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

i.341 Gárate, L & Morales, J. (2016). Muestras M4 a los ocho días del ensayo de sumersión [Fotografía]. Cuenca, Ecuador.

7.5 Conclusión final

Finalmente se concluye que por una buena conjugación de los parámetros planteados en este estudio, las muestras 1,2 y 3 de la dosificación 5, son las más idóneas, ya que sus porcentajes dieron buenos resultados en cuanto a resistencia a la compresión, retracción y resistencia al agua. Las diferencias de resultados entre estas tres muestras son mínimos, por lo que dependiendo de los requerimientos se optará por una u otra, ya que estas dosificaciones tienen ligeras mejoras en cada uno de los parámetros.







## BIBLIOGRAFÍA

- (1). Barbeta, G. (2002). Propiedades de la Tierra como Material de Construcción (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Catalunya. Departamento de construcciones Arquitectónicas.
- (2). ECURED. Resinas de Pináceas [en línea]. s.l., s.f. [fecha de consulta: 22 de Agosto del 2016]. Ecured. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Resina\\_de\\_pino](https://www.ecured.cu/Resina_de_pino)
- (3). WIKIPEDIA. Montmorillonita [en línea]. s.l., s.f. [fecha de consulta: 22 de Agosto del 2016]. Wikipedia. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Montmorillonita>
- (4). Pesántes, M. (2015). La cabuya en los revoques [Diapositivas en Power Point].
- (5). Gernot, M., (2005), Manual de Construcción en Tierra, Kassel, Alemania: Editorial Fin de Siglo.
- (6). Oyarzún, J. & Oyarzun, R., (2014), Léxico de Geología Económica, La Serena, Chile: Ediciones GEMM-Aula2punto.net.
- (7). ECURED. Bagazo de Caña [en línea]. s.l., s.f. [fecha de consulta: 22 de Agosto del 2016]. Ecured. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Bagazo\\_de\\_ca%C3%B1a](https://www.ecured.cu/Bagazo_de_ca%C3%B1a)
- (8). ECURED. Totorá [en línea]. s.l., s.f. [fecha de consulta: 22 de Agosto del 2016]. Ecured. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Totorá>
- (9). S.n. Manual de implante de totora [descarga]. s.l., s.f. [fecha de consulta: 22 de Agosto del 2016]. Ecured. Disponible en: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=OahUKEwj7r-6a-LTPAhWEkx4KHx9xAR8QFggeMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.alt-perubolivia.org%2FWeb\\_Bio%2FPROYECTO%2FDocum\\_bolivia%2F21.03%2520manual.pdf&usq=AFQjCNGVaRlcsYGTXXk2-1XcZqulmL\\_Oxg&sig2=1hSCeEva79vAbt-IUw2HyQ&cad=rja](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=OahUKEwj7r-6a-LTPAhWEkx4KHx9xAR8QFggeMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.alt-perubolivia.org%2FWeb_Bio%2FPROYECTO%2FDocum_bolivia%2F21.03%2520manual.pdf&usq=AFQjCNGVaRlcsYGTXXk2-1XcZqulmL_Oxg&sig2=1hSCeEva79vAbt-IUw2HyQ&cad=rja)
- (10). ECURED. Aserrín [en línea]. s.l., s.f. [fecha de consulta: 25 de Agosto del 2016]. Ecured. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Aserr%C3%ADn>
- (11). Representaciones P.Q. Fibras [descarga]. s.l., s.f. [fecha de consulta: 26 de Agosto del 2016]. Plástiquímica. Disponible en: <https://www.google.com/>
- Tablas:**
- t.14 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de resistencia a la compresión Cabuya [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.15 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción Cabuya [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.16 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Bagazo [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.17 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción Bagazo [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.18 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Totorá [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.19 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción Totorá [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.20 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Aserrín [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.21 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción Aserrín [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.22 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Fibra de Vidrio [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.23 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción Fibra de Vidrio [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.24 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Estiércol [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.25 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción Fibra de Estiércol [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.26 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Aceite quemado [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.27 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción Aceite quemado [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.28 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Aceite de Linaza [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.29 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción Aceite de Linaza [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.30 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Caseína [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.31 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción Caseína [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.32 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Orina de Vaca [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.33 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción Orina de Vaca [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.34 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Melaza [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.35 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción Melaza [Tabla]. Cuenca, Ecuador
- t.36 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión





Cal [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.37 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción Cal [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.38 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Fibra de Vidrio 6%, Melaza 6% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.39 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción Fibra de Vidrio 6%, Melaza 6% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.40 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Fibra de Vidrio 6%, Aceite de Linaza 6% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.41 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción Fibra de Vidrio 6%, Aceite de Linaza 6% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.42 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Fibra de Vidrio 6%, Guano 6% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.43 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción Fibra de Vidrio 6%, Guano 6% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.44 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Cabuya 10%, Aceite de Linaza 6% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.45 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción compresión Cabuya 10%, Aceite de Linaza 6% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.46 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Cabuya 10%, Melaza 6% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.47 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción compresión Cabuya 10%, Melaza 6% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.48 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Cabuya 10%, Estiércol 6% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.49 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción

compresión Cabuya 10%, Estiércol 6% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.50 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Cabuya 6%, Melaza 3,6% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.51 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción compresión Cabuya 6%, Melaza 3,6% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.52 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Cabuya 6%, Aceite de Linaza 3,6% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.53 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción compresión Cabuya 6%, Aceite de Linaza 3,6% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.54 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Cabuya 6%, Estiércol 3,6% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.55 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción compresión Cabuya 6%, Estiércol 3,6% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.56 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Cabuya 4%, Melaza 2,4% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.57 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción compresión Cabuya 4%, Melaza 2,4% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.58 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Cabuya 4%, Aceite de Linaza 2,4% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.59 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción compresión Cabuya 4%, Aceite de Linaza 2,4% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.60 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Cabuya 4%, Estiércol 2,4% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.61 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción compresión Cabuya 4%, Estiércol 2,4% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.60 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Cabuya 4%, Estiércol 2,4% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.61 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción compresión Cabuya 4%, Estiércol 2,4% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.62 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Cabuya 4%, Melaza 2% y Linaza 1% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.63 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción Cabuya 4%, Melaza 2% y Linaza 1% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.64 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Cabuya 4%, Melaza 2% y Aceite Quemado 1% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.65 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción Cabuya 4%, Melaza 2% y Aceite Quemado 1% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.66 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Cabuya 4%, Melaza 1,5% y Linaza 1,5% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.67 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de retracción Cabuya 4%, Melaza 1,5% y Linaza 1,5% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.68 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de compresión Cabuya 5,4 y Aceite Quemado 1% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

t.69 Gárate, L & Morales, J. (2016). Resultados de ensayo de Cabuya 5,4 y Aceite Quemado 1% [Tabla]. Cuenca, Ecuador

### Gráficos:

g.12 Gárate, L & Morales, J. (2016). Cuadro comparativo de resistencias de muestras con Cabuya [Gráfica]. Cuenca, Ecuador.

g.13 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Cabuya [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.14 Gárate, L & Morales, J. (2016). Cuadro comparativo de resistencias de muestras con Bagazo [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.15 Gárate, L & Morales, J. (2016). Cuadro comparativo de resistencias de muestras con Bagazo [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.16 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con totora [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.17 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Fibra de Vidrio [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.18 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Estiércol de Caballo [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.19 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Aceite Quemado [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.20 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Aceite de Linaza [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.21 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Caseína [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.22 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Orina de vaca [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.23 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Melaza [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.24 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con cal [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.25 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico comparativo de compresiones entre F. de Vidrio 6% más melaza 6%, melaza 6%, F. de Vidrio 6%, y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.26 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Fibra de Vidrio 6% más Melaza 6% y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.27 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico comparativo de compresiones entre F. de Vidrio 6% más Aceite de Linaza 6%, Aceite de Linaza 6%, F. de Vidrio 6%, y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.28 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Fibra de Vidrio 6% más Aceite de Linaza 6% y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.29 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico comparativo de compresiones entre F. de Vidrio 6% más Guano 6%, Guano 6%, F. de Vidrio 6%, y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.30 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Fibra de Vidrio 6% más Guano 6% y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.31 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico comparativo de compresiones entre F. de Vidrio 6% más melaza 6%, melaza 6%, F. de Vidrio 6% más Aceite de Linaza 6%, Aceite de Linaza 6%, F. de Vidrio 6% más Guano 6%, Guano 6%, F. de Vidrio 6%, y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.32 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Fibra de Vidrio 6% más Guano 6%, F. de Vidrio 6% más melaza 6%, Fibra de Vidrio 6% más Aceite de Linaza 6% y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.33 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico comparativo de compresiones entre Cabuya 10% más Aceite de Linaza 6%, Aceite de linaza 6%, Cabuya 6%, y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.34 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes

de muestras con Cabuya 10% más Aceite de Linaza 6% y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.35 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico comparativo de compresiones entre Cabuya 10% más Melaza 6%, Aceite de linaza 6%, Cabuya 6%, y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.36 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Cabuya 10% más Melaza 6% y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.37 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico comparativo de compresiones entre Cabuya 10% más Estiércol 6%, Estiércol 6%, Cabuya 6%, y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.38 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Cabuya 10% más Estiércol 6% y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.39 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico general comparativo de compresiones entre Cabuya 10% más Estiércol 6%, Estiércol 6%, Cabuya 6%, Cabuya 10% más Aceite de Linaza 6%, Aceite de linaza 6%, Cabuya 10% más Melaza 6%, Aceite de linaza 6% y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.40 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Cabuya 10% más Estiércol 6%, Cabuya 10% más Aceite de Linaza 6%, Cabuya 10% más Melaza 6% y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.41 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico comparativo de compresiones entre Cabuya 6% más Melaza 3,6%, Melaza 6%, Cabuya 6%, y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.42 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Cabuya 6% más Melaza 3,6% y muestra estándar





[Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.43 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico comparativo de compresiones entre Cabuya 6% más Aceite de Linaza 3,6%, Aceite de Linaza 6%, Cabuya 6%, y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.44 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Cabuya 6% más Aceite de Linaza 3,6% y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.45 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico comparativo de compresiones entre Cabuya 6% más Estiércol 3,6%, Estiércol 6%, Cabuya 6%, y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.46 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Cabuya 6% más Estiércol 3,6% y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.47 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico comparativo de compresiones general [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.48 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones general [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.49 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico comparativo de compresiones entre Cabuya 4% más Melaza 2,4%, Melaza 6%, Cabuya 6%, y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.50 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Cabuya 4% más Melaza 2,4% y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.51 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico comparativo de compresiones entre Cabuya 4% más Aceite de Linaza 2,4%, Aceite de Linaza 6%, Cabuya 6%, y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.52 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes

de muestras con Cabuya 4% más Aceite de Linaza 2,4% y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.53 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico comparativo de compresiones entre Cabuya 4% más Estiércol 2,4%, Estiércol 6%, Cabuya 6%, y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.54 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Cabuya 4% más Estiércol 2,4% y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.55 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico general comparativo de compresiones [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.56 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico general de retracciones en porcentajes [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.57 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico comparativo de compresiones entre con Cabuya 4%, Melaza 2% más Aceite de Linaza 1%, Aceite de Linaza 6%, Melaza 6%, Cabuya 6%, y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.58 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Cabuya 4%, Melaza 2% más Aceite de Linaza 1% y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.59 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico comparativo de compresiones entre con Cabuya 4%, Melaza 2% más Aceite Quemado 1%, Aceite Quemado 6%, Melaza 6%, Cabuya 6%, y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.60 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Cabuya 4%, Melaza 2% más Aceite Quemado 1% y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.61 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico comparativo de compresiones

entre con Cabuya 4%, Melaza 1,5% más Aceite de Linaza 1,5%, Aceite de Linaza 6%, Melaza 6%, Cabuya 6%, y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.62 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Cabuya 4%, Melaza 1,5% más Aceite de Linaza 1,5% y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.63 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico comparativo de compresiones entre con Cabuya 4%, Aceite Quemado 1%, Aceite Quemado 6%, Melaza 6%, Cabuya 6%, y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.64 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico de retracciones en porcentajes de muestras con Cabuya 4%, Aceite Quemado 1% y muestra estándar [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.65 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico general comparativo de compresiones [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.

g.66 Gárate, L & Morales, J. (2016). Gráfico general de retracciones en porcentajes [Gráfico]. Cuenca, Ecuador.